

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

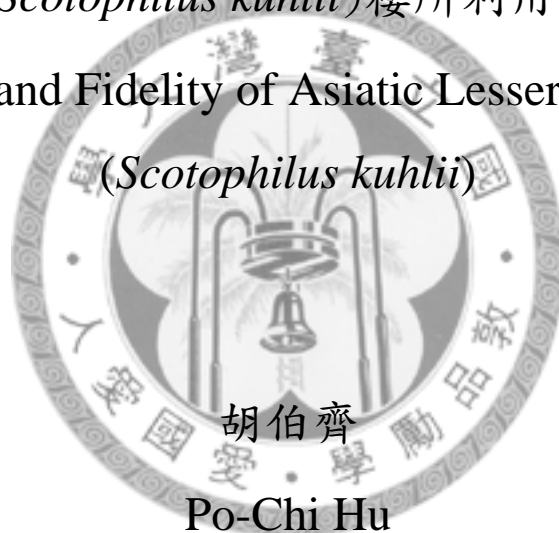
National Taiwan University

Master Thesis

高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)棲所利用與忠誠度

Roost Use and Fidelity of Asiatic Lesser Yellow Bat

(*Scotophilus kuhlii*)



胡伯齊

Po-Chi Hu

指導教授：李玲玲 博士

Advisor: Ling-Ling Lee, Ph.D.

中華民國 99 年 7 月

Jul., 2010

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

高頭蝠棲所利用與忠誠度

Roost Use and Fidelity of Asiatic Lesser Yellow Bat
(*Scotophilus kuhlii*)

本論文係胡伯齊君 (R95B44008) 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，於民國九十九年七月十五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：

李玲玲

(簽名)

(指導教授)

林良榮

李西夫

鄭錫奇

石引平

系主任、所長

李培芬

(簽名)

致謝

本研究能夠順利完成，最要感謝李玲玲老師四年來的指導，讓我深刻認識什麼是生態研究，並瞭解進行研究該有的態度與思考方式。同時還要感謝大學時帶領我認識生態學的林良恭老師，在百忙中幫我審查論文並給予建議；感謝鄭錫奇老師，從大學至研究所的這幾年間都給我很多的指導與鼓勵；感謝方引平老師與李亞夫老師，在繁忙的研究工作與教學中，抽出時間替我審查論文與口試，並且給予相當多寶貴的意見與想法。

感謝李筠筠女士，辛苦幫忙張羅研究經費與相關資源，讓我可以無後顧之憂的全心進行研究。特別感謝周政翰學長，從大學起就對我在蝙蝠與其他野外相關工作及技術上有相當多的指導，在研究過程中也提供很多野外工作的協助。感謝何英毅學長在研究過程中指導無線電追蹤工作的技術，並與我討論相關研究內容。感謝曾經在研究過程中提供各式各樣協助、討論與鼓勵的研究室好夥伴：景元學長、宗以學長、雅玲學姐、俊嘉學長、浩志學長、傳景學長、高雋、亦德、若潔、集鯉、大熊、永暉、意鈞、葭瑤，讓這幾年的研究所生活既充實又充滿趣味；也感謝生科館六樓其他實驗室的好同學：函芝學姐、素含、邵閔，感謝你們的關心與鼓勵。由衷感謝曾經協助野外工作進行的夥伴：紹益、倪禎、育誠、鈞傑、維新、麗嘉、靖婷等，有你們的協助才有這個研究的完成；特別感謝芸安，協助了本研究大部分的野外工作，妳的支持與鼓勵讓我始終充滿信心。還要特別感謝各研究地點的協助幫手與善心人士：李淺龍先生、王世偉先生與夫人、陳瑞鴻老師、張恒嘉老師、蘇秀惠老師、鄧彥齡同學(按研究地點排序)，感謝你們熱情提供研究地點相關資訊並協助使野外工作得以順利進行。

深深感謝我的父母，雖然不太瞭解我的研究內容，但總是給予我完全的支持與鼓勵。感謝每一隻被我抓過或觀察過的高頭與其他蝙蝠，研究工作有時雖然繁重且累人，但是每次看到你們充滿朝氣、活力的飛行與活動，總能讓我找回最初對蝙蝠研究的熱誠與衝勁，繼續往前大步邁進。

目錄

摘要.....	i
前言.....	1
研究地點.....	5
研究方法	
各地高頭蝠棲所利用監測.....	8
高頭蝠群年間棲所忠誠度.....	9
高頭蝠個體棲所忠誠度之差異.....	10
高頭蝠的夜間活動.....	12
結果	
各地高頭蝠棲所利用時間長短與氣溫的關係.....	14
各地棲所蝠群數量與分布變化.....	15
彰化蝠群組成變化.....	17
高頭蝠群年間棲所忠誠度.....	18
高頭蝠棲所忠誠度之個體差異.....	18
高頭蝠的夜間活動.....	20
討論	
高頭蝠棲所利用與氣溫的關係.....	22
高頭蝠群年間棲所忠誠度.....	23
個體對棲所的利用.....	25
參考文獻.....	28
圖.....	33
表.....	37

摘要

蝙蝠棲所具有許多功能，如隔絕外界環境變動、避免蝙蝠遭到干擾、降低捕食壓力與增加個體間互動機會等。高頭蝠利用棕櫚科樹木的樹葉叢作為棲所，過往觀察發現高頭蝠群會分散利用一個地點內的數個棲所，棲所會長時間被蝠群利用，包括在不同年間都觀察到蝠群棲息，且各地點棲所被利用時間長短有所不同。本研究為瞭解高頭蝠的棲所利用與棲所忠誠度，使用持續觀察監測、捕捉標放與無線電追蹤等方式，探究各地高頭蝠棲所利用時間長短的差異，各地高頭蝠連續利用棲所的時間長短的差異與氣溫條件之關係，高頭蝠在年間重複利用同一棲地的狀況，高頭蝠個體對同一棲地內不同棲所的忠誠度，不同性別與年齡個體棲所忠誠度的差異等問題。研究結果顯示，由台灣北部至南部共八個高頭蝠棲息地點的棲所利用時間長短確實不同；高頭蝠群在各地棲所的利用總時間與開始利用時間都與氣溫條件有顯著關係，年均溫越高則棲所被連續利用的時間越長，反之越短；而捕捉標放的結果，則呈現標記個體在年間重複利用棲地的比例偏低，但棲地與棲所在年間都穩定被利用的現象。在棲所忠誠度方面，高頭蝠平均 2~3 天會變換一次棲所，但變換時仍會使用同一棲地中的其他棲所並會重複利用先前曾利用過的棲所，棲所平均利用時間、棲所連續利用指數與棲所利用多樣性指數等三種棲所忠誠度的檢視方法在雌雄性別間皆沒有顯著差異，但是成體的棲所平均利用時間與棲所變換指數則顯著大於第一年出生個體。高頭蝠雖然與其他葉棲型蝙蝠一樣都會頻繁變換棲所，但同一地點內可供利用的棲所狀況相當穩定且各棲所持續有蝠群利用，因此推測個體可能藉由變換使用同一棲地內不同棲所構成的棲所網絡進行互動，甚至形成分裂-融合(fission-fusion)的社群結構。

關鍵字：高頭蝠、棲所、棲所忠誠度、捕捉標放、無線電追蹤、葉棲型蝙蝠、社群結構

Abstract

Roosts can serve several functions for bats, including isolation from environmental change and disturbance, reducing predation pressure, and increasing interaction between individuals. Asiatic lesser yellow bats (*Scotophilus kuhlii*) use leaves of palm trees as roosts. Previous observation found that these bats may use roosts for long period of time, which is unusual for leave-dwelling bats. However, it is not clear whether the same individuals would use these roosts continuously. To understand roost use and fidelity of *S. kuhlii*, we conducted direct observation, mark-recapture and radio-tracking to examine the following questions: (1) Differences in the total time of roost use by *S. kuhlii* at different latitudinal sites; (2) Relationship between the total time of roost use and temperature; (3) Inter-annual site fidelity of *S. kuhlii*; and (4) Sex and age differences of roost fidelity in *S. kuhlii*. Results showed that the total time and the starting time when a roost was used by *S. kuhlii* were positively related to temperature, i.e. the higher the temperature, the longer and earlier a roost was used. Low recapture rate indicated that banded bats rarely reused the same roosts and roosting site inter-annually, but the roosts were reused by the species inter-annually. On average, the banded bats switched roosts in the same roosting site every 2-3 days. There is no significant difference in roost fidelity between males and females, but difference was significant between adults and juveniles. Although *S. kuhlii* switched roosts as frequently as other foliage-roosting bats, the condition of the roosts they use is stable and all roosts were occupied by bats. Therefore, I propose that *S. kuhlii* may switch roosts frequently and use roosts at a site as a big roost network to facilitate social interaction and form a fission-fusion social structure.

Keywords: *Scotophilus kuhlii*, roost, roost fidelity, mark-recapture, radio-tracking, fission-fusion, social structure

前言

棲所能提供蝙蝠在停棲時避免外在環境干擾與影響，降低被捕食壓力，以及與其他個體互動和交配的機會，對蝙蝠的生存與繁殖非常重要(Kunz 1982)。蝙蝠的棲所依結構可分為三種主要類型，包括：天然或人工洞穴、人造建築物以及植物棲所。不同類型的棲所提供了不同的棲息條件，也造成蝙蝠使用狀況的差異。例如：住在洞穴或建築物中的蝙蝠，由於棲所狀況穩定，所以會長時間利用同一棲所，表現出較高的棲所忠誠度(Roost fidelity)；而利用植物作為棲所的蝙蝠，因為棲所條件容易因環境變化而改變，所以表現出較高的棲所變換頻率，也就是較低的棲所忠誠度(Kunz and Lumsden 2003; Lewis 1995)。

在利用植物作為棲所的蝙蝠中，又會有因為利用植物不同部位的差異，而造成忠誠度上的不同表現，例如：樹洞的環境較樹皮縫隙或樹葉叢穩定，因此住在樹洞中的蝙蝠較少更換棲所；樹皮縫隙與樹葉叢的狀態不容易維持長久，且較容易受到外界環境的變化影響，因此利用這類棲所的蝙蝠較常更換棲所，也就是棲所忠誠度較低(Kunz and Lumsden 2003; Kurta et al. 1996)。根據過往研究，樹棲型蝙蝠中利用樹洞與樹皮做為棲所的物種，其棲所忠誠度可大致分為：每一至二天變換一次棲所、每三至十天變換一次棲所、以及利用同一棲所達十天以上等三種類型(Kunz and Lumsden 2003)。至於利用樹葉作為棲所的蝙蝠，如 *Lasiurus borealis* 與 *Lasiurus seminolus* 等，則幾乎每天都會變換棲所(Menzel et al. 1998)。

除了同一年內利用同一棲所時間的長短與忠誠度外，有關蝙蝠個體離開棲所或棲地一段時間後，是否會再回來重複利用同一棲所或棲地，展現年度間對棲所或棲地的忠誠度，過往研究主要以較容易進行標記與觀察研究的洞穴型物種為主，樹棲型物種則少有相關研究。Barclay 與 Brigham 在 1995 年至 2000 年針對利用樹皮裂縫或枯木樹洞作為棲所的 *Myotis californicus*，所進行不同年間的棲所重複

利用研究發現，雖然 5 年內持續有個體或群體重複利用相同的棲所，不過利用的狀況由 1995 年是以懷孕母蝠群為主，到 2000 年只有零星的雄蝠或是未懷孕的雌蝠利用，顯示出對 *M. californicus* 而言，不穩定棲所的適用性降低程度較樹木本身損壞的程度來得明顯且快速(Barclay and Brigham 2001)。而 Wills et al. (2003) 針對 *Eptesicus fuscus* 的棲所忠誠度研究發現，此種利用樹洞作為棲所的蝙蝠在中程(約 5 年)及長程(約 10 年)的時間下，皆對棲地及棲所展現出相當高的忠誠度，而且對棲所的高忠誠度並非只發生在特定的個體或是獨居個體，而是整個群體都呈現出高忠誠度。作者同時也提出，此種蝙蝠也曾被發現利用樹皮縫隙作為棲所，但棲所忠誠度相當低。作者認為這些相關研究反映同一蝙蝠物種在利用不同的植物類型棲所時，所呈現年間的棲所忠誠度也會有所差異。而利用樹葉作為棲所的蝙蝠，過往僅在 *Pipistrellus subflavus* 與國內的 *Myotis formosus* 等兩個物種有相關研究，結果均呈現六成以上的年間重複利用棲地比例(Veilleux and Veilleux 2004; Ho 2008)。

除了種間的差異，同種蝙蝠不同個體的棲所忠誠度也會有所差異，其中有關不同生殖階段個體棲所忠誠度的差異已有許多相關研究，例如：懷孕期的 *Myotis sodalis* 雌蝠會表現出較哺乳期低的棲所忠誠度，這可能是飛行尚未受到影響的懷孕雌蝠，藉由高頻率的棲所更換以利找到適當的渡冬棲所；哺乳雌蝠需要耗費大量能量哺育幼蝠，且此時若變換棲所，需要帶著幼蝠一起遷移，會造成更多能量耗損，因此會降低變換棲所的頻率，而呈現出較高的棲所忠誠度(Kurta et al. 1996)。Veilleux 等人追蹤懷孕與育幼的 *Pipistrellus subflavus* 個體利用樹葉叢作為棲所的狀況，發現懷孕期的母蝠連續利用單一棲所的時間平均為 3.9 ± 2.5 天；而在懷孕末期與育幼中的母蝠，則有連續使用單一棲所達 17 天的紀錄，同樣顯示出在生殖季的不同階段，母蝠棲所忠誠度的差異(Veilleux et al. 2003)。除了不同生殖階段的雌蝠有棲所忠誠度的差異之外；不同性別與年齡的個體，也有可能表現出不同的棲所忠誠度，但是此方面的研究相當有限。

高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)是相當常見的蝙蝠物種，分布範圍包括巴基斯坦、斯里蘭卡、馬來西亞西部、印尼、菲律賓和台灣；牠們經常使用棕櫚科(Arecaceae)植物的樹葉叢作為棲所，而且同一棲所內的個體數量可能從數十隻至數百隻不等(Bates and Harrison 1997)。Rickart et al. (1989)指出菲律賓以棕櫚科植物葉叢作為棲所的高頭蝠，在每一棵樹上棲息的數量自數隻到數十隻不等，並且有建構棲所的情形。雖然沒有實際追蹤牠們利用同一棲所的時間長短，但初步推測蝠群利用棲所的方式應為較短期或是季節性利用。

高頭蝠在台灣本島與離島的分布也相當普遍，在新竹、台中、南投、雲林、嘉義、台南、花蓮與離島的金門都曾有發現記錄(林等 2004；李等 2006)。雖然曾經發現利用橋墩下的燕巢與人造建築物作為棲所(林等 2004；張恒嘉 私人通訊)，但多數發現記錄是利用蒲葵(*Livistona chinensis*)的樹葉叢作為棲所，蝠群會同時利用一個地點內的多個棲所樹木，多數地點皆有大量個體棲息，數量多在數百隻以上，且似乎有長時間持續利用同一地點與棲所的現象。然而本研究的初步觀察及綜整前人的觀察結果卻發現，各地高頭蝠群持續利用同一地點的時間長短似乎並不相同，許多高頭蝠群只會於一年內的特定時段棲息，之後會有一段時間沒有蝠群棲息，直到隔年才會再觀察到蝠群棲息利用。至於是否是同一群高頭蝠在隔年重複利用同一地點的相同棲所？以及在高頭蝠群持續利用一地棲所的期間，群內不同性別、年齡個體的棲所忠誠度是否相同？都尚待研究。

因此本研究將針對以下問題進行探討：1.不同地區的高頭蝠群對持續利用當地棲所的時間長短是否不同？2.由於溫度是影響蝙蝠棲所利用的重要因子，如果不同地區的高頭蝠群利用棲所的時間長短不一，將進一步比較棲所利用時間長短與環境氣溫的關係；3.高頭蝠群在年間的棲所忠誠度，也就是蝠群隔年是否會重複利用同一地點的棲所？4.高頭蝠個體對棲所的忠誠度為何？是否會有性別或

年齡間的個體差異；此外，研究過程中也將檢視高頭蝠利用棲所的情形與夜間活動狀況，包括每月蝠群對同一地點內各棵棲所樹木的利用狀況，一年中不同時段棲所內蝠群的組成變動，高頭蝠於夜間利用日棲所的狀況，以及高頭蝠於夜間離巢後的活動等。



研究地點

本研究參考前人研究的資料，找出台灣西部由北至南共 8 處有高頭蝠群集長期利用棲所的地點，各地點簡介如下：(圖一)

1. 台北萬華：位於台北市萬華區新店溪與堤防間的河濱公園內(北緯 $25^{\circ} 2.219'$ ，東經 $121^{\circ} 29.497'$)，海拔 10 公尺，共有 7 棵蒲葵以非直線方式排列成一群 (*Livistona chinensis*)，皆曾被高頭蝠群利用作為棲所。周圍環境由河流、步道與區塊式的草生地所組成，鄰近區域較少有其他樹木；堤防的另一側則皆為道路與建築物。此地的高頭蝠群數量約在數十隻左右；過往高頭蝠在此利用的時間缺乏明確記錄。
2. 新竹新埔：位於新竹縣新埔鎮義民廟後方的公園內(北緯 $24^{\circ} 50.666'$ ，東經 $121^{\circ} 2.183'$)，海拔 40 公尺，總共有 14 棵蒲葵，分別以 2、8、4 棵的方式排成 3 排，皆有被高頭蝠群利用作為棲所的記錄。周圍環境除公園內由樹木、步道與少部分人造景物組成外，公園外則以道路與民宅建築物為主。此地的高頭蝠群約有數百隻；棲所利用可追溯到數年前。
3. 新竹竹東：位於新竹縣竹東鎮一六米寬雙線道路旁(北緯 $24^{\circ} 46.461'$ ，東經 $121^{\circ} 3.146'$)，海拔 111 公尺，沿道路有 1 排共 5 棵蒲葵，皆有被高頭蝠群利用作為棲所的記錄。周圍環境由道路、民宅建築物與區塊式種植地所構成。此地高頭蝠群約為數百隻；棲所利用時間將近二十年(李潛龍 私人通訊)。
4. 新竹香山：位於新竹市香山區一大型社區內邊坡上(北緯 $24^{\circ} 46.031'$ ，東經 $120^{\circ} 57.893'$)，海拔 77 公尺，有 1 排共 12 棵蒲葵，但並非全部樹木皆有確定

被高頭蝠群利用的記錄。周圍環境在社區內由民宅、道路組成，社區外則是建築物與空地夾雜。此地有數百至一千多隻高頭蝠棲息；棲所利用的已知時間約在三至四年內(王世偉 私人通訊)。

5. 彰化竹塘：位於彰化縣竹塘鄉長安國小校園內(北緯 $23^{\circ} 50.851'$ ，東經 $120^{\circ} 23.220'$)，海拔 17 公尺，有 1 排共 12 棵蒲葵，皆被高頭蝠群利用作為棲所。周遭環境除校內有校舍建築物、空曠地與少數植物外，校園外則由田地、道路、灌溉溝渠與少部分民宅建築物所構成。此地高頭蝠群達數百至近二千隻左右；棲所利用時間超過十年以上(陳瑞鴻 私人通訊)。

6. 雲林北港：位於雲林縣北港鎮的台糖廠區內公園(北緯 $23^{\circ} 34.166'$ ，東經 $120^{\circ} 17.912'$)，海拔 13 公尺，共有 18 棵蒲葵，其中有 4、9 棵各成一排，其他 5 棵零星分佈在周遭，皆有被高頭蝠群利用作為棲所的記錄。周遭環境在廠區內由建築物、空曠地與公園內其他植物組成，廠區外則是田地與城鎮建築物為主。此地高頭蝠群有數百至一千多隻左右；棲所利用時間將近三十年(張恒嘉 私人通訊)。

7. 台南：位於台南市安南區青草國小校園內(北緯 $23^{\circ} 4.593'$ ，東經 $120^{\circ} 7.005'$)，海拔 6 公尺，有 2 排共 11 棵蒲葵，一排 7 棵、一排 4 棵，全部都有被高頭蝠利用作為棲所的記錄。周遭環境校園內以校舍建築物與空曠地為主，校園外則由田地、道路與部分民宅建築物所組成。此地高頭蝠群在數十至數百隻左右；棲所利用的時間記錄在二至三年內(周政翰 私人通訊)。

8. 屏東：位於屏東縣內埔鄉屏東科技大學校園內(北緯 $22^{\circ} 38.594'$ ，東經 $120^{\circ} 36.784'$)，海拔 99 公尺，有 1 排共 6 棵蒲葵，都有被高頭蝠群利用作為棲所的記錄。周遭環境由校園內道路、校舍建築物、空曠草地與少部分其他樹木

所組成。此地高頭蝠群數量有數百至近千隻左右；棲所利用時間則至少有五至六年以上(蘇秀慧 鄧彥齡 私人通訊)。



研究方法

一、各地高頭蝠棲所利用監測

為瞭解各地高頭蝠連續利用棲所時間長短，自 2008 年一月開始，持續監測 8 處研究地點的高頭蝠棲所，在確認高頭蝠群開始利用棲所後，每週持續確認這些地點高頭蝠群利用棲所情形，至蝠群完全離開不再繼續利用當地棲所為止，以計算高頭蝠群連續利用各地棲所的時間(週)。確認高頭蝠是否利用棲所的方式，主要是在棲所樹木的下方或週遭直接觀察樹叢中是否有蝠群棲息，或是透過棲所下方的高頭蝠排遺與樹叢中蝠群發出的聲音(人耳可聽)進行判斷，若是以上方式都無法判斷時，則直接在傍晚蝠群飛出時進行觀察。各地氣溫資料，採用中央氣象局設置於各地的氣象觀測站(人工或自動)之資料，站點的選定是透過地理座標計算距離各地高頭蝠棲所最近的觀測站(表一)。

為瞭解高頭蝠在各地連續利用棲所期間，每月蝠群數量的變化以及蝠群對同一地點不同棲所樹木的利用狀況，每個月選擇一至二個無降雨且天候良好的日子，在預先選定可清楚觀察到蝠群飛出的位置，計算自第一隻高頭蝠飛出開始至連續十分鐘沒有個體飛出為止，從每棵棲所樹木飛出的蝙蝠數量，再加總計算該地高頭蝠群總數量。其中，由於雲林北港的部分棲所樹木較為密集，難以分別計算各單一棲所樹木內的蝠群數量，只能計算蝠群總數量，因此每月各棵棲所樹木棲息的蝙蝠數量將不包括雲林的資料。所得資料利用生物多樣性指數 Shannon-Weiner diversity index，計算蝠群在同一地點是否有集中利用少數樹木或是平均利用所有樹木的情形：

$$\text{index} = - \sum_{i=1}^s p_i \log_e p_i$$

p_i 為每棵棲所樹木上蝙蝠量佔總蝙蝠數量的比例，而 s 為同一地點棲所樹木的數量。當 index 數值為零時，表示所有高頭蝠皆利用同一棵棲所樹木，而當 index 數值越大時，則表示蝠群利用越多棵棲所樹木，且每棵棲所樹木上的數量越平均。

二、高頭蝠群年間棲所忠誠度

為瞭解高頭蝠群在不同年間是否會重複利用同一地點的棲所，在彰化竹塘進行高頭蝠的捕捉標記，並於隔年度進行重複捕捉。先前觀察發現高頭蝠在生殖育幼季(六至七月)與主要颱風季節(八至九月)時會有較多個體死亡的情形，棲所下方常可發現相當多傷亡個體；因此本研究選擇在族群量較穩定後的九至十月進行捕捉標記，避免因為有過多個體在標記完後發生傷亡導致標記總數量減少的情形。捕捉時同時使用霧網和豎琴網(4.2 m² Ausbat standard Harp Trap, Faunatech & Ausbat)，於傍晚(五點半至六點)同時架設在所有棲所處等待蝠群飛出。被霧網捕捉的高頭蝠會立即被解下，被豎琴網捕捉的高頭蝠，則會待蝠群全部離巢完畢後再從帆布袋中取出。捕捉到的高頭蝠個體先暫時靜置於蝙蝠袋中，之後以外生殖器判斷個體性別，以軟骨間隔帶(cartilage epiphyseal plates)判別成幼，當透光後僅能觀察到極細條帶或完全不透光者為成體，有一條明顯透光條帶或兩條透光條帶者為第一年出生個體(Anthony 1988)；再分別以游標尺與彈簧秤進行前臂長與體重的測量記錄。檢視與測量完畢的個體，以 Ω 形之鋁製號碼翼環(<0.13 g, 4.2 mm, Porzana Ltd., UK)進行標記，雌性個體標於右前臂，雄性個體則標於左前臂，標記完畢後隨即於捕捉地釋放。

2009 年再度於彰化樣點進行高頭蝠捕捉，檢視標記個體的重複捕捉情形，分別在四月、五月、七至八月、九月、十至十一月共進行 5 次捕捉，捕捉時間的

設定主要是考量以下原因，四月：高頭蝠群開始大量聚集利用棲所，五月：高頭蝠群進入生殖季節前，七至八月：高頭蝠群生殖季節後且幼體多數已能獨立活動飛行，九月：主要颱風季節已過，高頭蝠群體較為穩定，十至十一月：高頭蝠群即將大量飛離；其中四、五、九月三次為該月中旬當週進行，另外兩次則在月份間交替週進行。同樣以霧網和豎琴網同時進行捕捉，網具架設方式與 2008 年捕捉時相同，捕捉到的所有個體皆進行性別、年齡、前臂長與體重的檢視與測量記錄，而有翼環標記的重複捕捉個體則記錄翼環上的號碼。此一捕捉資料同時用以分析不同月份同一棲所高頭蝠群的組成變化。

三、高頭蝠個體棲所忠誠度之差異

為瞭解不同性別與年齡高頭蝠個體棲所忠誠度的差異，2009 年九月起在彰化竹塘以無線電追蹤高頭蝠個體日棲所的利用情形。首先以霧網架設於棲所樹木旁邊。為避免造成過大干擾，每次僅架設一張霧網並於凌晨進行約 40 分鐘至 1 小時的捕捉，此部分的研究在第四至第五次重複捕捉中間進行。每次捕捉時僅針對符合特定性別或年齡條件的高頭蝠個體數隻進行追蹤，其餘個體則立即原地釋放。同時追蹤的個體數在九月為 3 隻，十月則為 3 至 4 隻。要追蹤的個體以游標尺和彈簧秤測量記錄前臂長與體重，並以前述 Ω 形之鋁製號碼翼環進行個體標記。測量與標記完後，使用剪刀剪除個體背部兩肩胛骨中間凹陷處的毛髮至可見皮膚的長度，再使用醫療用黏膠 Skin Bond (Smith and Nephew United, Largo, Florida, USA) 將無線電發報器 (0.75g, A2435 Advanced Telemetry Systems, Minnesota, USA) 黏附在背部，黏附完發報器的個體會放入蝙蝠袋中靜置至少 10 分鐘後再釋放。翼環與發報器的總重量約為 0.88 公克，為避免超過高頭蝠個體重量的 5% 而影響其活動，僅選擇重量在 20 公克以上的高頭蝠個體追蹤。自釋放當日開始，在每日清晨於天亮完全無蝙蝠活動後(約 05:30~06:00 AM)，立即以無線電訊號接收器(TR-2, Telonics Inc., Arizona, USA) 搭配 H 形天線(RA-2AK

VHF antenna, Telonics Inc., Arizona, USA)追蹤訊號位置，確認追蹤個體的日棲所樹木位置後記錄之。

本研究同時追蹤個體連續利用同一棲所的天數、棲所變換情形，追蹤期間利用棲所數量等，以計算個體的棲所平均利用時間、棲所連續利用指數與棲所利用多樣性指數等三個項目，來比較不同性別、年齡個體棲所忠誠度的差異。所謂棲所連續利用指數，是計算個體在追蹤期內連續兩日使用相同棲所的次數佔總變換棲所次數(追蹤天數減一)的比例(Ho 2008)：

$$\text{棲所連續利用指數} = \frac{\text{連續兩日間使用同一日棲所的次數}}{\text{追蹤期內日棲所總變換次數}}$$

而棲所利用多樣性指數，則是計算個體在追蹤期內使用的棲所數量與每個棲所使用的天數比例(Trousdale et al. 2008)：

$$\text{棲所利用多樣性指數} = - \sum_{i=1}^s p_i \log_e p_i$$

p_i 為個體利用每個棲所的天數佔追蹤期比例，而 s 為個體利用的棲所數量。當指數為零時，表示個體在追蹤期間只利用一棵棲所樹木；而當數值越大時，則表示個體利用越多棲所，且每個棲所的利用天數越平均。

由於計算時需要有兩次以上的棲所變換，因此需要追蹤三日以上的個體，才能夠進行棲所忠誠度的計算，因此本研究在計算分析個體的棲所忠誠度時，僅將追蹤期超過三日以上的資料納入計算。

四、高頭蝠的夜間活動

為瞭解高頭蝠在夜晚活動時對日棲所的利用情形，每天自傍晚個體離巢飛出活動開始，選擇數隻個體進行無線電追蹤至清晨無蝙蝠活動十分鐘後結束，期間記錄以下事件發生的時間：追蹤個體(訊號)完全離開日棲所處(L)、追蹤個體(訊號)回到日棲所處(E)；個體在日棲所處繞飛(C)，定義為訊號大小或方向持續變動但是沒有消失，通常時間相當短暫。其中，離開(L)與回來(E)是互有關係的事件，所以計算時會將個體離開後再回來視為一個離開日棲所處至周遭區域活動的事件(L-E)，並記錄其經歷時間。除了記錄追蹤個體的活動狀況之外，還記錄個體晚間所利用的棲所樹木。為了能夠確認追蹤個體在夜晚的主要活動時期，將晚間六點至清晨六點的十二個小時分為三個時段，分別為晚間六點至十點、晚間十點至凌晨兩點、凌晨兩點至清晨六點；此時間區隔方式主要依據前人研究發現高頭蝠群晚間自出巢開始的三至四小時，為其活動較為頻繁的高峰時期(龍 1999)。

為瞭解高頭蝠晚間離開棲所後的主要活動區域，或是否有固定的覓食場所或夜棲所，每日傍晚在個體離開日棲所後進行無線電追蹤。追蹤分為兩個部分：一部分是在蝠群離巢活動的主要時段，以三角定位法在選定的位置進行發報器訊號來源位置的定位(活動區域)，或是步行尋找訊號逗留較久或是多個訊號聚集的區域(覓食場所)。另一部份則是在非高頭蝠主要活動時段，也就是蝙蝠理應休息時，被追蹤的個體沒有回到日棲所時，則利用車輛進行更大範圍的訊號搜尋，以找尋高頭蝠可能的夜棲所，或是新的日棲所。在以車輛搜尋訊號時，是以日棲所為中心向外搜尋，在過程中也會多次回到日棲所處確認；若是在日棲所處有搜尋到訊號，顯示蝙蝠已回到日棲所中，則會暫時停止搜尋，直到追蹤個體再度離巢活動時再繼續進行追蹤。三角定位法所定出的訊號位置，是利用每個研究人員記錄訊號來源位置的方位角度，透過軟體(MapSource, Garmin Inc., Taiwan)在電腦地圖上

找出明確的位置；而以步行或開車找到的訊號位置，則是直接以手持式 GPS 記錄訊號位置的座標。



結果

一、各地高頭蝠棲所利用時間長短與氣溫的關係

自 2008 年初開始監測各地高頭蝠群的棲所利用，至蝠群結束利用棲所為止，總計進行了 13 個月(2008 年一月~2009 年一月)的持續觀察。結果顯示各地高頭蝠群連續利用棲所的時間(週數)長短皆不相同(圖二)，以屏東內埔的 47 週最長，而新竹 3 處棲所的 23 至 24 週為最短，最長與最短間差距達 24 週，其他 4 個地點的棲所利用時間則在 31 週至 42 週之間。整體上，大致呈現北部 4 個地點棲所利用時間較短，而中南部 4 個地點棲所利用時間較長的趨勢。屏東內埔的棲所在 2008 年二月下旬就已經有高頭蝠群開始利用，最晚開始的則是新竹新埔的棲所到五月中旬才有蝠群利用，兩者差距達 12 週；而最早結束利用的是新竹香山的蝠群在十月上旬就離開當地棲所，最晚離開的則是屏東內埔的蝠群，到了 2009 年一月中旬才離開，兩者差距達 15 週。分析各地蝠群利用棲所時間的分布，五月中旬到十月初的 4 個多月是 8 處棲所都有被蝠群利用的時段，整年中大約只有 1 個月(一月中旬至二月中旬)的時間是 8 處棲所都沒有高頭蝠群利用的時段；而春季的三到五月以及秋季的十到十二月，2 個各約 3 個月左右的時段，都僅有部分地點的棲所有被蝠群利用，其中季節變換前後的三月與十二月都只有中南部 4 個地點的棲所有蝠群利用(圖二)。

將各地蝠群連續利用棲所的時間長度(週)，與中央氣象局各地氣象站在 2008 年二月至 2009 年一月所測量的年均溫(攝氏度)(表二)進行迴歸分析，結果顯示兩者有顯著線性關係(linear regression, $R^2 = 0.56$, $p = 0.030$)，年均溫越高的地區，蝠群連續利用棲所的時間越長。各地蝠群連續利用棲所的時間與緯度及六度、二度分帶座標 y 軸間的迴歸分析，也顯示緯度或 y 軸越高，蝠群連續利用棲所的時間

越短(linear regression, $R^2 = 0.75$, $p = 0.004$)。而各地棲所開始被高頭蝠群利用的時間與年均溫有關(linear regression, $R^2 = 0.58$, $p = 0.026$)，年均溫越高則開始利用時間越早；但高頭蝠結束利用棲所的時間與年均溫則關係不顯著(linear regression, $R^2 = 0.45$, $p = 0.06$)。同樣的，緯度或 y 軸越高，各地棲所開始利用時間越晚 (linear regression, $R^2 = 0.78$, $p = 0.003$)，但結束利用時間與緯度間關係不顯著(linear regression, $R^2 = 0.47$, $p = 0.057$)。

將八個地點的整年度每日均溫變化配合高頭蝠在各地點的利用時段進行檢視，發現整體而言在各地高頭蝠利用棲所期間有超過八成的日均溫是在 20°C 以上，僅中南部 4 個地點在利用期間的最後兩週至一個半月氣溫會在 15°C 至 23°C 之間變動，且日均溫在 20°C 以下的天數比例下降至五成左右(45.5 ~ 67.9%)。各地蝙蝠開始利用前的平均日均溫皆未達 20°C ，且在 20°C 以下的天數比例都超過六成；而整年中沒有蝠群利用時的平均日均溫也皆在 20°C 以下，天數比例也超過六成。在 8 處都有蝠群利用的五至十月份，各地日均溫則大致皆在 25°C 以上，此期間內達 25°C 以上的天數比例皆超過八成(表三)。進行統計分析後發現，蝠群利用期間的日均溫顯著大於開始利用前與整個非利用期間的日均溫(Mann-Whitney test, $p = 0.0008$; $p = 0.0008$)，而各地有蝠群利用期間的日均溫也顯著大於蝠群即將結束利用前的日均溫(Mann-Whitney test, $p = 0.0008$)。各地利用時間長度與全年 20°C 以上天數比例進行迴歸分析，結果顯示兩者間有顯著線性關係(linear regression, $R^2 = 0.81$, $p = 0.002$)；而開始利用時間、結束利用時間與全年 20°C 以上天數比例也有顯著線性關係(linear regression, $R^2 = 0.83$, $p = 0.001$; $R^2 = 0.59$, $p = 0.02$)。

二、各地棲所蝠群數量與分布變化

自 2008 年一月起，除彰化竹塘與屏東內埔兩地受到天候因素的影響，各有

一個月份沒有進行蝠群總數量的估算(彰化：六月、屏東：八月)之外，其餘 6 個地點每個月都有進行 1-2 次的高頭蝠群數量的估算，8 個地點總共進行 70 次蝠群總數量與每棵棲所樹木內蝠群數量的計算。取各月份最大估算數量比較，台北萬華與台南安南分別有 79 隻與 226 隻屬於較小群，新竹新埔、新竹竹東則有 800 至 900 隻，其餘 4 處都有超過 1000 隻的高頭蝠棲息（表四）。

各地高頭蝠整年數量變化中，除台北萬華比較不同外，其他 7 處狀況類似。台北萬華的棲所在開始被利用後，蝠群數量就沒有太大的變動，一直維持在 10 隻左右；到九月下旬才有比較多的 79 隻個體，不過從十月上旬一直到十一月上旬蝠群離開為止，數量又下降到 10-20 隻左右。其餘 7 處整年度蝠群數量的變化，皆呈現自開始利用棲所起，數量就持續增加，至七、八月時達到最大數量，然後數量持續減少，直到蝠群離去為止，也就是呈現一個單峰的變化模式。在 8 處地點中，除台北萬華外的其他 7 處都曾在六至七月間發現尚未成長完全的幼蝠屍體，顯示這 7 處地點皆有高頭蝠的生殖棲所。

在同一地點不同棲所蝠群分布方面，除了雲林北港由於棲所樹木過密，而無法區分各棵樹木中高頭蝠棲息的數量外(11 次)，以 Shannon-Weiner diversity index 分析其他 7 處 59 次調查的結果，發現各地的趨勢並不相同。其中在台北萬華、台南安南與屏東內埔，每月份的估算數值變動相當大，表示不同月份間蝠群在各棲所樹木分布的變化很大，有時較為集中而有時則較分散(表五)。而新竹的 3 個地點中，新竹新埔與新竹香山的蝠群在開始利用或結束利用的月份集中利用某些棲所，中間則分散利用不同棲所，且棲息最分散的時間皆為七月份。在新竹竹東蝠群則是一開始就集中棲息，且持續到結束前的九、十月時才比較分散。彰化竹塘的蝠群在各棲所的分布最平均，直到十一、十二月份時分布才比較集中。

在 59 次數量觀察中，有 8 次(13.5%)diversity index 的數值為零，也就是蝠

群都集中棲息在同一棵棲所樹木上。這 8 次的觀察分別發生在新竹的 3 個地點與台南安南；其中有 4 次發生在新竹竹東五至八月的觀察；另外 4 次都是發生在高頭蝠群剛開始或即將結束利用棲所的時候。

三、彰化蝠群組成變化

2009 年四月至十月底在彰化竹塘共進行 5 次的捕捉，每次捕捉的高頭蝠數量在 86-142 隻之間(表六)。其中四月及五月兩次捕捉沒有發現非成體，表示此時母蝠尚未產仔；五月捕捉時有發現重量較重且腹部腫脹的雌蝠個體(73%)，雖然由於高頭蝠在取食大量食物後也會有類似的腹部腫脹，因此無法明確判斷每隻雌蝠懷孕與否，但是至少有一隻雌蝠除腹部腫脹之外，還可明顯看到在腹部兩側皮下各有一黑色物體，觸摸時明顯較腹部其他部分突出，應為已經成形的幼仔；七月底至八月初第三次捕捉，已捕捉到完全獨立活動的當年出生個體，而沒有捕捉到任何攜帶幼體外出飛行或是還有哺乳跡象的母蝠，不過此時已經獨立活動的當年出生個體，體型仍較成體瘦小；九月中的捕捉，當年出生個體與成體的外表體型已無明顯差別，只是軟骨間隔帶仍然相當明顯；而在十月底的最後一次捕捉中，當年出生個體的軟骨間隔帶雖仍存在，但長度較九月中時更細且更不透光。

在蝠群性別年齡組成方面，四月與五月時，雌雄成蝠的比例分別為 3.2:1 與 2.7:1，也就是雌性個體為雄性個體的三倍左右。七月底當年出生個體可獨立活動加入群中之後，三次捕捉呈現類似的結果，組成比例最高的都是當年出生的雌蝠，三次捕捉的比例都在 40% 左右；比例最低的則是雄性成蝠，在七月底至八月初僅佔 5%，在最後兩次的捕捉時則皆為 12%。而雌性成蝠與當年出生雄蝠所佔比例介於當年出生的雌蝠與雄性成蝠之間，且雌性成蝠(~ 25%)皆高於當年出生雄蝠(~ 20%)。若將成幼蝠合併計算，則 5 次捕捉所呈現的雌雄比例大致為雄蝠佔 25~30%，雌蝠佔 70~75%。

四、高頭蝠群年間棲所忠誠度

2008 年九月至十月在彰化竹塘共捕捉並標記高頭蝠 220 隻，包括 33 隻雄性成蝠，60 隻雌性成蝠，50 隻雄性幼蝠，77 隻雌性幼蝠；而當時高頭蝠數量約為 1000-1200 隻，因此標記比例約為 18~22%。

2009 年四月至十月底在彰化的 5 次重複捕捉，總計捕捉到 616 隻次的高頭蝠，其中僅 18 隻個體有翼環標記，所有標記個體皆僅有一次的重複捉記錄。重複捕捉到的標記個體，以 2008 年出生的雌蝠有 7 隻最多，且在 4 次捕捉中都有被捕獲；2008 年已是成體的雌蝠與 2008 年出生的雄蝠則各有 5 隻與 6 隻，但後者多數是在第一次捕捉中捕獲(5 隻)；2008 年已是成體的雄蝠則完全沒有捕捉到(表六)。各次捕捉時標記個體佔總捕捉隻數的比例約在 0%至 6.3%之間，以四月的 6.3%最高；利用各次捕捉中標記個體比例推算當時蝠群內的標記個體總數，再計算標記總個體數佔 2008 年標記個體數的比例，發現標記個體年間重複利用棲地的程度為 0%至 19.5%不等，其中以五月的 19.5%為最高(表七)。

五、高頭蝠棲所忠誠度之個體差異

2009 年九月至十月份以無線電追蹤 19 隻高頭蝠，其中 13 隻個體成功追蹤超過一天；12 隻超過 3 天，其中雄雌成幼 4 種組成各有 3 隻個體(表八)。這 12 隻追蹤個體共被追蹤 106 天，每隻個體平均被追蹤 8.38 ± 2.59 (mean \pm SD)天(5 ~ 12 天)。追蹤期內每隻個體平均使用 3.08 ± 1.16 個日棲所(2 ~ 5 個)，每個日棲所平均被連續利用 2.28 ± 1.76 天(1 ~ 9 天)。12 隻個體共 45 次的棲所利用中，雖然有持續利用同一棲所達 6 天(3 次)或 9 天(1 次)的情形，但整體有 38 次棲所連續利用時間是在 3 天以內(圖三)。雖然這 12 隻個體會變換利用不同的日棲所，但

是已經利用過的日棲所仍會被同隻或不同隻個體重複利用，而且 12 隻個體在追蹤期內利用同一日棲所的總時間皆可佔追蹤期的 40% 以上，其中 9 隻個體(75%)更達到 50% 以上。在 106 天的追蹤期內，有 2 隻個體(17%)共 3 天(2.8%)的時間曾經利用彰化竹塘樣區外的其他日棲所(表九)，但是沒有明確找到這些日棲所，在樣區周遭也無發現其他可供利用的棲所樹木。所有棲所中有 4 個棲所為多隻個體(2 隻或 3 隻)時常利用的棲所，其中 5 號棲所為 3 隻幼體(1 雄 2 雌)最常利用的棲所，且其中 2 隻為均為追蹤當年出生的雌性個體；9 號棲所則是 2 隻成體雌蝠最常利用的棲所，而 7 號與 10 號棲所則各有 2 隻成體雄蝠最常棲息利用(表九)。其中 5、7 號棲所是彰化樣點內 4 個棲息蝠群量較多棲所中的 2 個，棲所位置在 12 個棲所中相對較中間的地方。

以棲所平均利用時間、棲所連續利用指數與棲所利用多樣性指數，分析 12 隻不同性別與年齡個體的棲所忠誠度差異。發現雌雄性別間在三個項目均未達顯著差異(Mann-Whitney test, $p = 0.13$; $p=0.07$; $p=0.055$)；而成體在平均利用時間與棲所連續利用指數等兩個項目皆顯著大於第一年出生個體(Mann-Whitney test, $p = 0.03$; $p=0.03$; $p=0.26$) (表十、十一)。

由於此地有 12 棵樹木棲所，相鄰棲所間的平均距離約 1 公尺左右，第 6 與第 7 號則相距較遠，大約 7 公尺；12 隻追蹤個體在棲所間變換距離約 0.90 ± 2.0 公尺，且在年齡與性別間皆達顯著差異，其中雄性顯著大於雌性，第一年出生個體顯著大於成體(Mann-Whitney test, $p = 0.01$; $p=0.03$) (表十、十一)。12 隻個體共有 31 次變換棲所行為，其中 15 次(48.4%)是變換到相鄰棲所；9 次(29%)變換到間隔 1 棵樹的棲所；而有 7 次(22.6%)會變換利用間隔 2 棵樹以上的其他棲所，其中 5 次是發生在 5 隻第一年出生的個體。

六、高頭蝠的夜間活動

2009 年九月份對 6 隻黏附有無線電發報器的個體，各進行 4-5 夜的整夜觀察(表八)，發現高頭蝠在夜間三個時段的離返巢(L-E)與在棲所處繞飛(C)的發生次數，呈現出不同的趨勢。在第一個時段(18:00 ~ 22:00 PM)內每隻個體平均發生離返巢 1.55 ± 0.2 次(1.25 ~ 1.8 次)，顯著大於第二個時段(22:00 PM ~ 02:00 AM)的 0.17 ± 0.2 次(0 ~ 0.5 次)與第三個時段(02:00 ~ 06:00 AM)的 0.23 ± 0.22 次(0 ~ 0.5 次)，但是在第二與第三個時段間則沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p = 0.002$; Mann-Whitney test, 1 vs. 2, $p = 0.004$; 1 vs. 3, $p = 0.004$; 2 vs. 3, $p = 0.8$)，顯示高頭蝠夜間離開棲所至周遭的活動主要發生在第一個時段。

每隻個體每夜平均繞飛次數則是以第三個時段的 1.08 ± 0.2 次(1.0 ~ 1.5 次)顯著大於第一個時段的 0.20 ± 0.18 次(0 ~ 0.5 次)與第二個時段的 0.50 ± 0.48 次(0 ~ 1.0 次)，但是在第一與第二個時段間沒有顯著差異。(Kruskal-Wallis test, $p = 0.006$; Mann-Whitney test, 3 vs. 1, $p = 0.003$; 3 vs. 2, $p = 0.02$; 1 vs. 2, $p = 0.36$)，顯示高頭蝠個體夜間在棲所區域內進行的繞飛行為，主要都是發生在後半夜至天亮前的第三個時段。此外，在平均離返巢(L-E)間隔時間的長短部分，以第一個時段的 72.69 ± 21.54 分鐘(43.0 ~ 102.5 分鐘)顯著大於第二個時段的 23.08 ± 27.03 分鐘(0 ~ 60.0 分鐘)與第三個時段的 14.75 ± 21.91 分鐘(0 ~ 55.0 分鐘)，第二個時段與第三個時段間沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p = 0.01$; Mann-Whitney test, 1 vs. 2, $p = 0.01$; 1 vs. 3, $p = 0.01$; 2 vs. 3, $p = 0.93$)。因此，第一個時段應該是高頭蝠在夜間離開棲所至周遭區域進行活動的主要時段，而第三個時段(02:00 ~ 06:00 AM)則是高頭蝠在棲所附近繞飛的主要時段。

在夜間追蹤的過程中，發現高頭蝠夜間利用日棲所作為夜棲所的情形與每日棲所變換有密切關係。高頭蝠每晚會利用 1 至 3 個不等的夜棲所，而且隔日更換

利用的日棲所，就是前晚的夜棲所；但即便高頭蝠連續使用相同的日棲所，在夜間還是有可能會利用其他棲所作為夜棲所(表十二)。在 6 隻個體共 26 個整夜觀察中，共有 15 個夜晚(58%)利用超過 1 個夜棲所，每隻個體各有 2 至 3 個夜晚利用多個夜棲所；當個體利用多個夜棲所時，平均移動距離為 1.73 ± 1.79 公尺($1 \sim 8$ 公尺)。

2009 年十月份在彰化竹塘針對 7 隻個體進行 3-12 天不等的活動區域追蹤定位，共定到 28 個定位點(1~9 點)；定位點與棲所樣點的距離，最近的為 149 公尺，最遠的約 1500 公尺。7 隻追蹤個體中，扣除定位點數較少的 2 隻個體外(1 點與 2 點)，其他 5 隻個體中有 2 隻的飛行與活動是在樣點的西北至東北方的 600 公尺範圍內；有 1 隻個體則以棲所地點北略偏西方為其飛行與活動區域，距離最遠達 900 公尺左右；而另外 2 隻個體的活動區域與飛行路線較相似，皆為棲所地點的西北方向，距離則分別有達 1500 與 1300 公尺。定位點距樣點的平均距離，以成體的 726.23 ± 359.53 公尺顯著大於幼體的 294.86 ± 95.96 公尺 (Mann-Whitney test, $p = 0.003$)(圖四)。

有 4 個定位點在水域上方，分屬於 3 隻成體，此水域為一灌溉溝渠，約 6-8 米寬，與棲所的最近距離約 600 多公尺(圖四)。所有定位點中僅有這 4 個點有停留較久(自偵測到訊號起算約有十幾秒至數十秒不等)，其他定位點則沒有發現個體持續停留；除了無線電追蹤定位外，透過實際觀察也發現有高頭蝠個體在溝渠上方繞飛捕食昆蟲，因此該溝渠應是高頭蝠覓食場所之一。而追蹤過程中，並未發現高頭蝠利用樣區外其他棲所的情形。

討論

一、高頭蝠棲所利用與氣溫的關係

本研究發現各地點高頭蝠利用棲所的持續週數確實不同，無論利用總時間或開始利用時間皆與各地氣溫有顯著的線性關係，利用與非利用期的氣溫也有顯著差異，顯示氣溫的確對高頭蝠棲所利用有所影響。Kunz 曾提出蝙蝠利用棲地時，可能受到棲所多樣性與數量，食物資源的分布與多寡，以及蝙蝠自身能量利用情形的影響，其中能量利用情形則會受到如氣溫這種自然環境狀況與蝙蝠本身體型的影響(Kunz 1982; Kunz and Lumsden 2003)。而 Law 發現 *Syconycteris australis* 會在不同季節交替利用雨林的內部與邊緣，以避開過冷或過熱的環境氣候條件，作者認為利用樹葉這種無法有效隔絕與緩衝溫度的棲所時，蝙蝠在氣候條件不同的季節間進行棲所變動是必要的(Law 1993)。但是過往並無明確實際測量並探討同一物種在多個地點的棲所利用時間與當地氣溫關係之研究。

本研究進一步發現，20°C 與 25°C 可能是影響台灣的高頭蝠棲所利用時間的重要因子。由於蝙蝠的體溫與外界環境氣溫間的差異越大時，個體維持體溫所需的能量損耗就越多，但是個體對氣溫會有一熱中性區(thermal neutral zone)，當環境氣溫在熱中性區內變動時，個體能量損耗的變動差異不大且接近固定，熱中性區的上下界溫度稱為最高臨界溫度(upper critical temperature)與最低臨界溫度(lower critical temperature)，一旦氣溫高於或低於臨界溫度時，個體為維持體溫所需的能量損耗便會大幅度地增加(Altringham 1996; Neuweiler 2000)。蝙蝠的臨界溫度會因為物種、生理狀況、能量儲存狀況，以及其他個體的行為或生態上的需求而有不同(Altringham 1996)。根據過往對部分蝙蝠臨界溫度與熱中性區的相關研究，發現如 *Pipistrellus hesperus*、*Macroderma gigas*、*Macroglossus minimus*、*Lasiurus cinereus*、*Macrotus Mifornicus*、*Nyctalus noctula*、*Nyctalus leisleri*、*Lasiurus*

cinereus 等物種的最低臨界溫度分別在 28°C 至 33°C 之間(Bell et al. 1986; Bonaccorso and McNab 1997; Cryan and Wolf 2003; Hill and Smith 1984; Ruczyn'ski 2006; Willis and Brigham 2000; Yalden and Morris 1975)。因此本研究中的 25°C 可能接近一般蝙蝠的最低臨界溫度，此時段的能量損耗會較小。Lausen 與 Barclay(2002)曾提出當個體彼此緊靠在一起時，可以減緩體溫的流失與能量的消耗。因此當氣溫達 25°C 以上且又有較多個體聚集的能量節省效果，可以讓個體將較多能量投入進行生殖育幼。在 Ruczyn'ski(2006)的研究中發現當個體進行日休眠時，可以忍受環境氣溫低於個體最低臨界溫度 10°C 以上；本研究中當氣溫低於 25°C 時，個體還可能透過日休眠與彼此緊靠的聚集方式維持體溫並減少能量損耗，但是當日均溫降至 20°C 以下時，可能已低於高頭蝠個體進行日休眠時對環境氣溫的最低耐受溫度，所以群內個體會逐漸離開地點。而在張鈞傑(2009)針對 *Rhinolophus monoceros* 所進行的體溫調節研究中也曾發現當溫度低於 20°C 時，個體的代謝率便會開始上升，代表已經逐漸接近耐受溫度的極限而開始調節體溫。至於高頭蝠個體確切的耐受溫度值與最適應的溫度範圍，則需要更多的相關研究才能確定。

二、高頭蝠群年間棲所忠誠度

本研究 2009 年五次捕捉中的標記個體所佔比例，皆低於 2008 年的標記比例，且推算所得的年間重複利用比例也相當低。Ho (2008)研究葉棲型蝙蝠 *Myotis formosus*，發現有六成以上(62.2%)的標記個體會在年間重複利用同一地點。而針對利用樹葉叢作為棲所的 *Pipistrellus subflavus* 所進行的研究中，發現四隻被捕捉與追蹤的個體，有包括兩隻成體與一隻幼體的三隻雌蝠在隔年於相同地點被重複捕捉，顯示出此物種展現出年間對棲地的忠誠度。這樣的忠誠度表現可能是由於對周遭的覓食場所與食物資源較熟悉、減少尋找新棲所的能量損耗、以及維持群內個體間關係等。該研究同時發現因為樹葉無法長久維持而會逐漸分解，因此個

體無法再次利用相同的棲所，但是卻會再度回到相同地點棲息(Veilleux and Veilleux 2004)。然而，本研究中發現雖然蒲葵樹葉叢較一般樹葉叢可以維持較長時間，同一個棲所在年間會再被蝠群利用並進行生殖，但是年間的個體重複利用比例卻偏低。這樣的現象可能的原因包括：(1)標記個體數量比例偏低。然而本研究標記個體數量較前述兩項研究多，且標記個體比例達當地蝠群所有個體的20%，所以標記個體數量應該並無偏低情形；且在2009年的不同月份進行五次重複捕捉，共檢視616隻次的個體，在重複捕捉檢視上也應無過少的情況。(2)播遷(Dispersal)，通常是指單向的移動與變換棲息地點，且是從個體的出生地點向外進行移動的現象(Fleming and Eby 2003)。前人也曾提出當重複捕捉率較低時，特別是當非成體個體的重複捕捉率低或是完全無重複捕捉時，可能是群體表現出播遷的行為(Willis and Brigham 2004)；然而本研究中的18隻重複捕捉個體中，有13隻是2008出生的個體，且完全沒有重複捕捉到2008年的雄性成蝠，所以播遷應該也非造成重複捕捉率偏低的原因。(3)冬季時個體有較高的死亡率。過往研究曾指出，在較冷的季節時因為氣溫較低且食物量較少，蝙蝠群體不管是進行遷徙或是冬眠皆會有較高的死亡率(Speakman and Rowland 1999; Sendor and Simon 2003)。其中遷徙(Migration)是指季節性地在兩個地點之間進行的雙向移動，目的是為了避開不合適的氣候及找到可提供更合適條件的區域(Fleming and Eby 2003)。Tuttle 與 Stevenson (1977)曾提出蝙蝠在長距離的遷徙過程中會面臨相當大的生存壓力，進而造成個體死亡。由於過往並無明確的觀察或捕捉記錄可確認高頭蝠在非利用期間的其他棲息地點，文獻中也未提及高頭蝠是否為一遷徙性物種(Bates and Harrison 1997; Francis 2008; Nowak 1994; 石 2006; 林等 2004)，因此尚無法確定高頭蝠的遷離是進行長距離遷徙或是短距離棲所變換，或是遷徙是否會造成高越冬死亡率。(4)新個體加入。在 Law(1996)對 *Syconycteris australis* 所進行的研究中發現，資源條件較好的棲息地會有較多的新個體被吸引進入利用；本研究雖沒有針對棲地條件的好壞進行比較與評估，但是彰化棲地與其內的棲所在多年間持續有蝠群利用並進行生殖，應該是一個資源條件良好且穩定的地點，

因此不能完全排除是否在蝠群利用期間有新個體持續加入的情況發生。

三、個體對棲所的利用

過往以樹葉作為棲所的蝙蝠棲所忠誠度研究結果，皆呈現每天或是數天內就變換一次棲所的情形。Veilleux 等人對 *Pipistrellus subflavus* 的追蹤就發現，雖然有個體會連續利用棲所達 7 或 9 天，但是 71.4% 的棲所利用時間在三天以內 (Veilleux and Veilleux 2004)。而 Ho(2008) 針對 *Myotis formosus* 的研究中，追蹤個體平均每 2.1 ± 0.9 天變換一次棲所。Menzel 等人對同屬的兩種葉棲型蝙蝠，*Lasiurus borealis* 與 *L. seminolus* 進行的研究中，兩物種也呈現出幾乎每天變換一次棲所的情形，分別為 1.2 與 1.7 天變換一次 (Menzel et al. 1998)。與上述研究相比，高頭蝠和其他葉棲型蝙蝠有相似的棲所忠誠度，雖然有個體持續利用同一棲所達 6 或 9 天，但是整體有 85.1% 的棲所連續利用時間是在 3 天以內。過往在種內個體間棲所忠誠度差異的研究，在 *Nycticeius humeralis* 的研究中發現，雌性成體與亞成體之間的棲所忠誠度沒有差異 (Menzel et al. 2001)，而 Trousdale 等人針對 *Corynorhinus rafinesquii* 的研究，也發現個體的棲所忠誠度在性別與年齡間都沒有差異 (Trousdale et al. 2008)；不過雄性 *Chalinolobus tuberculatus* 與幼體的棲所忠誠度顯著較雌性個體高，而雄性與幼體間則沒有差異 (O'Donnell and Sedgeley 1999)，而 Ho 對台灣的葉棲型蝙蝠 *Myotis formosus* 的研究中，則發現曾有一年的雄蝠棲所忠誠度顯著高於雌蝠與幼體 (Ho 2008)。Russo 等人針對 *Barbatella barbastellus* 的研究中則發現，在雄蝠與不同生殖狀態下的雌蝠中，以育幼中的雌蝠棲所忠誠度最高 (Russo et al. 2005)。本研究以 3 種方式比較個體間棲所忠誠度差異，結果顯示雌雄間差異不顯著，而第一年出生個體連續使用同一棲所的時間較短、比例較低。過往的研究發現造成棲所頻繁變換的可能原因有：(1) 棲所性質不穩定。Lewis (1995) 提出蝙蝠的棲所忠誠與其利用的棲所性質有關，利用性質穩定但數量較少的棲所，會有高棲所忠誠度；而利用性質相對不穩定但相對數量較多的棲所，蝙蝠個體則會有較低的棲所忠誠度。而利用樹葉作為棲所

的蝙蝠，因為利用性質不穩定但數量較多的棲所，所以呈現出低的棲所忠誠度。高頭蝠的棲所連續利用時間與其他葉棲型物種相似，但是個體會重複利用先前利用過的棲所，且個體變換棲所時，樹葉叢中也持續有其他個體棲息利用，因此棲所性質不穩定應該不是造成高頭蝠頻繁變換棲所的主要原因。(2)蝠群數量。Kunz 與 Lumsden 發現棲所忠誠度可能與共同利用棲所的蝠群量有關，較多的蝙蝠同時利用一個棲所時會有較高的棲所忠誠度(Kunz and Lumsden 2003)。高頭蝠群在一地點內會分散利用各個棲所，每個棲所的蝠群數量都不少；追蹤過程中利用蝠群量較多之棲所的個體，也並無表現出較長的連續利用時間，而被個體連續利用時間最長的棲所，也並非蝠群量較多的棲所之一，因此蝠群量可能亦非高頭蝠頻繁變換棲所的主因。(3)個體生理狀況。前人提出因為母蝠攜帶幼蝠飛行時的能量損耗會過大，因此育幼期的母蝠會比懷孕期與育幼後期的母蝠有較高的棲所忠誠度(Kunz and Lumsden 2003)。本研究進行時段已非高頭蝠的生殖育幼時期，雌性可能因為沒有重量增加或育幼行為等條件限制，所以在棲所忠誠度上並無特殊表現且與雄性無異。(4)群體關係。過往研究中認為蝠群持續分散在一個區域內的數個棲所間進行變換利用，可能表示這些棲所形成了一個棲所網絡(roost network)，蝠群也可透過這樣的利用方式維繫個體間關係；並形成一個 fission-fusion 的社群結構(Rhodes 2007; Willis and Brigham 2004)。這樣的社群結構則可能提供包括：因應環境或棲所的變化、讓幼蝠持續利用條件良好的棲地與個體間訊息交流等功能(Popa-Lisseanu et al. 2008)。本研究中高頭蝠離開彰化竹塘研究地去利用其他日棲所的比例相當低，主要都在該地點內變換利用草所，且棲所間的距離相當近，因此高頭蝠也可能藉由頻繁變換棲所來利用由多個棲所組成的一個大型棲所網絡，以維繫群內個體間關係，形成一 fission-fusion 的社群結構；而由於當地棲所間的距離近，若是環境發生變化時可能無法提供替代的棲地環境，且雖然研究中幼蝠的年間重複利用棲地比例較高，但蝠群整體重複利用的比例相當低，因此高頭蝠群的社群結構可能主要提供個體間進行訊息交流的功能。(5)熟悉棲所與環境。Russo 等人(2005)在針對 *Barbatella barbastellus* 的研究中，推

測當幼蝠開始獨立活動後的棲所變換，可能是其開始熟悉並記憶重要地點與飛行路線的時期。本研究發現高頭蝠第一年出生個體的夜間活動時間較長且變換棲所間的距離較遠，因此不排除可能是為了要熟悉地點內的不同棲所與周遭環境。



參考文獻

- 石仲堂。2006。香港陸上哺乳動物圖鑑。天地圖書有限公司，香港。
- 李玲玲，徐昭龍，周政翰，李秉容，胡伯齊。2006。金門地區蝙蝠相調查研究。
- 內政部營建署金門國家公園管理處委託研究報告。66頁。
- 林良恭，李玲玲，鄭錫奇。2004。台灣的蝙蝠(再版)。國立自然科學博物館，台中市。177頁。
- 張鈞傑。2009。台灣三種穴居型蝙蝠體溫調控模式、代謝率與水分散失速率之比較，國立成功大學生命科學研究所碩士論文。65頁。
- 龍佩君。1999。新化地區高頭蝠之活動模式與食性分析，高雄師範大學生物科學研究所碩士論文。57頁。
- Altringham, J. D. 1996. Roosting Ecology. Pp. 155-169. *In*: Bats Biology and Behaviour (J. D. Altringham ed.). Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 262 pp.
- Anthony, E. L. P. 1988. Age determination in bats. *In*: Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats (T. H. Kunz ed.). Washington, DC: Smithsonian Institution Press, pp. 31-45.
- Barclay, R. M. R. and Brigham, R. M. 2001. Year-to-year reuse of tree-roosts by california bats (*Myotis Californicus*) in southern british columbia. *American Midland Naturalist*, 146: 80-85.
- Bates, P. J. J. and Harrison, D. L. 1997. Bats of the Indian Subcontinent. Pp. 149-151. Harrison Zoological Museum, England.
- Bell, G. P., Barthilomew, G. A. and Nagy, K. A. 1986. The roles of energetic, water economy, foraging behavior, and geothermal refugia in the distribution of the bat, *Macrotus californicus*. *Journal of Comparative Physiology B*, 156:

441-450.

- Bonaccorso, F. J. and McNab, B. K. 1997. Plasticity of energetics in blossom bats (Pteropodidae): Impacts on distribution. *Journal of Mammalogy*, 74: 1073-1088.
- Cryan, P. M. and Wolf, B. O. 2003. Sex differences in the thermoregulation and evaporation water loss of a heterothermic bat, *Lasiurus cinereus*, during its spring migration. *The Journal of Experimental Biology*, 206:3381-3390.
- Fleming, T. H. and Eby, P. 2003. Ecology of Bat Migration. *In: Bat Ecology* (T. H. Kunz and M. B. Fenton, edi.). Chicago, IL, The University of Chicago Press, pp. 156-208.
- Francis, C. M. 2008. A Guide to the Mammals of Southeast Asia. Princeton University Press, New Jersey. 392 Pp.
- Ho, Y. Y. 2008. Causes and consequences of roost switching by the bat *Myotis formosus* (Vespertilionidae). PhD. Thesis, School of Graduate and Postdoctoral Studies The University of Western Ontario London, Ontario, Canada. 164 Pp.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. *In: Ecology of Bats* (T. H. Kunz, edi.). New York, NY, Plenum Press, pp.1-51.
- Kunz, T. H. and Lumsden, L. F. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. *In: Bat Ecology* (T. H. Kunz and M. B. Fenton, edi.), Chicago, IL, The University of Chicago Press, pp.3-89.
- Kurta, A., Williams, K. J. and Mies, R. 1996. Ecological, behavioural, and thermal observations of a peripheral population of Indiana bats (*Myotis sodalis*). *In: Bats and Forests Symposium*, Victoria, British Columbia, Canada. British Columbia Ministry of Forests, Victoria. pp.102-117.
- Law, B. S. 1993. Roosting and foraging ecology of the queensland blossom bat

- (*Syconycteris australis*) in north-eastern new south wales: flexibility in response to seasonal variation. *Wildlife Research*, 20: 419-431.
- Lausen, C. L. and Barclay, R. M. R. 2002. Roosting behaviour and roost selection of female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) roosting in rock crevices in southeastern alberta. *Canadian Journal of Zoology*, 80:1069-1076.
- Lewis, S. E. 1995. Roost fidelity of bats: a review. *Journal of Mammalogy*, 76: 481–496.
- Menzel, M. A., Carter, T. C., Ford, W. M. and Chapman, B. R. 2001. Tree-roost characteristics of subadult and female adult evening bats (*Nycticeius Humeralis*) in the upper coastal plain of south carolina. *American Midland Naturalist*: 145, 112-119.
- Menzel, M. A., Carter, T., Chapman, B. R. and Laerm, J. 1998. Quantitative comparison of tree roosts used by red bats (*Lasiurus borealis*) and Seminole bats (*L. semimolus*). *Canadian Journal of Zoology*: 76, 630-634.
- Neuweiler, G. 2000. Heat and water balance. *In: The Biology of Bats*(G. Neuweiler edi. E. Covey trans.), Oxford, United Kingdom, Oxford University Press, pp.63-97.
- Nowak, R. M. 1994. Walker's Bats of the World. The Johns Hopkins University Press, Maryland. 287 pp.
- O'Donnell, C. F. J. and Sedgeley, J. A. 1999. Use of roosts by the Long-tailed bat, *chalinolobus tuberculatus*, in temperate rainforest in New Zealand. *Journal of Mammalogy*, 80: 913–923.
- Popa-Lisseanu, A. G., Bontadian, F., Mora, O. and Iban~ez. C. 2008. Highly structured fission-fusion societies in an aerial-hawking, carnivorous bat. *Animal Behaviour*, 75: 471-482.
- Racey, P. A. 1982. Ecology of bat reproduction. *In: Ecology of Bats* (T. H. Kunz,

- edi.). New York, NY, Plenum Press, pp. 57-104.
- Rhodes, M. 2007. Roost fidelity and fission-fusion dynamics of white-striped free-tailed bats (*Tadarida australis*). *Journal of Mammalogy*, 88: 1252–1260.
- Rickart, E. A., Heideman, P. D. and Utzurrum, R. C. B. 1989. Tent-roosting by *Scotophilus kuhlii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in the Philippines. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 433-436.
- Ruczyn´ski, I. 2006. Influence of temperature on maternity roost selection by noctule bats (*Nyctalus noctula*) and Leisler’s bats (*N. leisleri*) in Białowież’a Primeval Forest, Poland. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 900-907.
- Russo, D., Cistrone, L. and Jones, G. 2005. Spatial and temporal patterns of roost use by tree-dwelling barbastelle bats *Barbastelle barbastellus*. *Ecography*, 28: 769-776.
- Sendor, T. and Simon, M. 2003. Population dynamics of the pipistrelle bat: effects of sex, age and winter weather on seasonal survival. *Journal of Animal Ecology*, 72: 308-322.
- Speakman, J. R. and Rowland, A. 1999. Preparing for inactivity: how insectivorous bats deposit a fat store for hibernation. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 123-131.
- Trousdale, A. W., Beckett, D. C. and Hammond, S. L. 2008. Short-term roost fidelity of rafinesque’s big-eared bat (*Corynorhinus rafinesquii*) varies with habitat. *Journal of Mammalogy*, 89: 477–484.
- Tuttle, M. D. and Stevenson, D. E. 1977. An analysis of migration as a mortality factor in the gray bat based on public recoveries of banded bats. *American Midland Naturalist*, 97: 235-240.
- Veilleux, J. P. and Veilleux, S. L. 2004. Intra-annual and interannual fidelity to summer roost areas by female eastern pipistrelles, *Pipistrellus subflavus*.

American Midland Naturalist, 152: 196-200

Veilleux, J. P., Whitaker, Jr. J. O. and Veilleux, S. L. 2003. Tree-roosting ecology of reproductive female eastern pipistrelles, *Pipistrellus subflavus*, in Indiana.

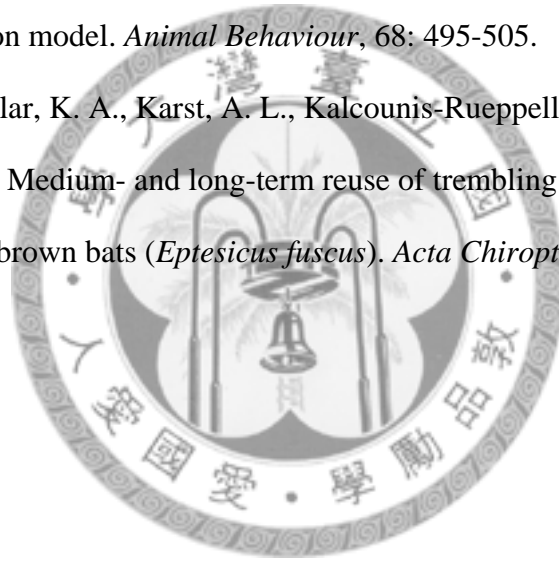
Journal of Mammalogy, 84: 1068–1075.

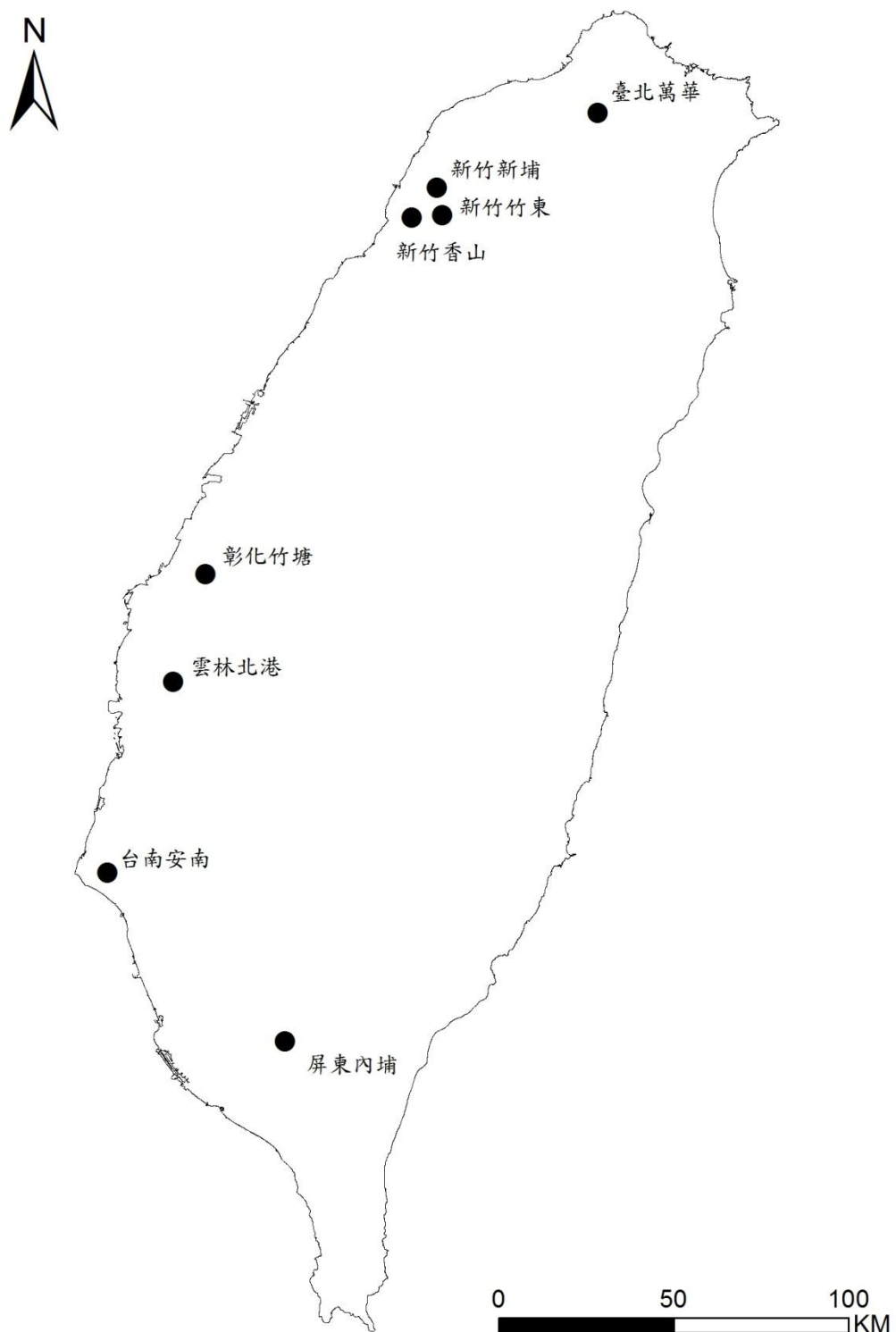
Willis C. K. R. and Brigham, R. M. 2005. Physiological and ecological aspects of roost selection by reproductive female hoary bats (*Lasiurus cinereus*).

Journal of Mammalogy, 86: 85-94.

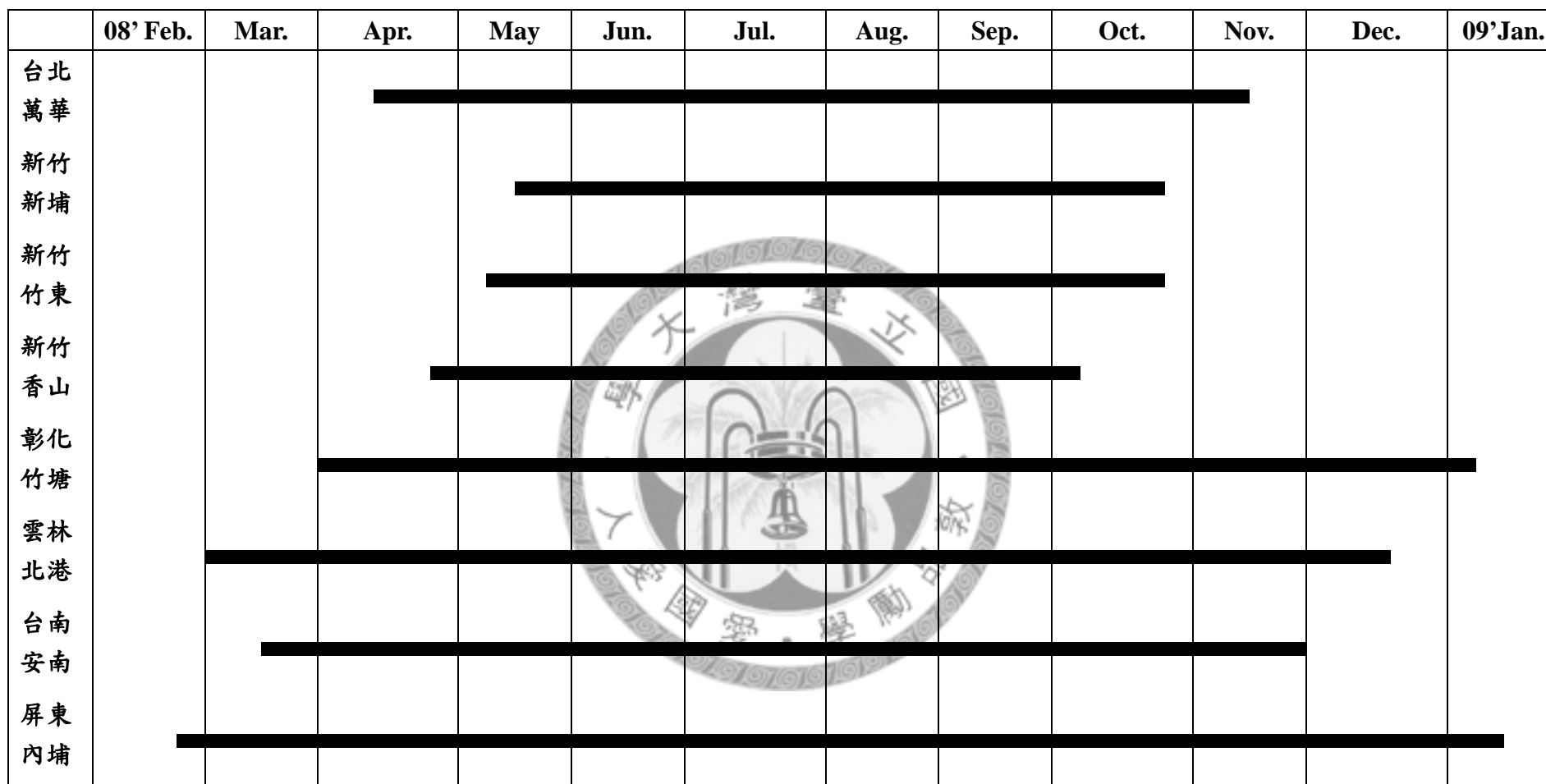
Willis, C. K. R. and Brigham, R. M. 2004. Roost switching, roost sharing and social cohesion: forest-dwelling big brown bats, *Eptesicus fuscus*, conform to the fission-fusion model. *Animal Behaviour*, 68: 495-505.

Willis, C. K. R., Kolar, K. A., Karst, A. L., Kalcounis-Rueppell, M. C. and Brigham, R. M. 2003. Medium- and long-term reuse of trembling aspen cavities as roosts by big brown bats (*Eptesicus fuscus*). *Acta Chiropterologica*, 5: 85-90

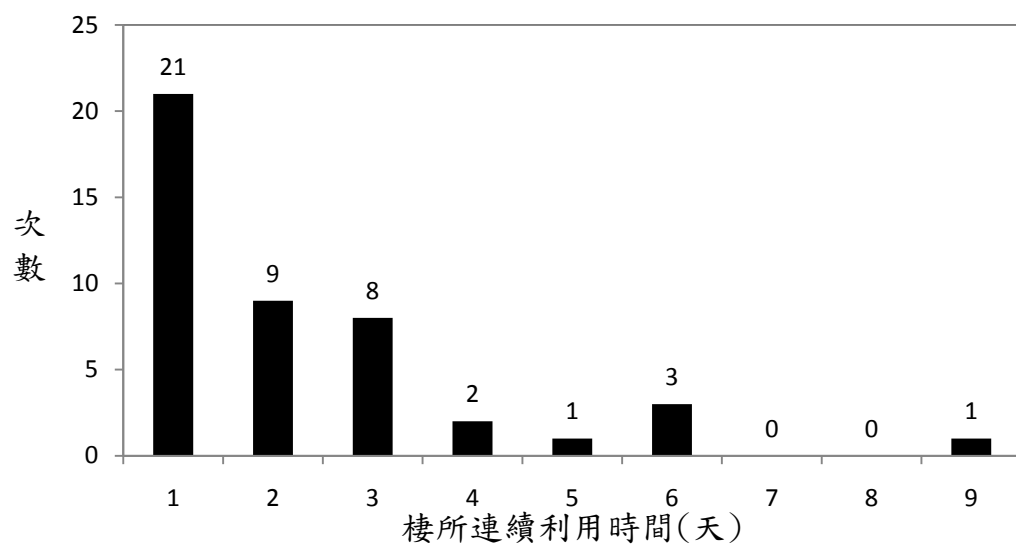




圖一、2008 年 2 月至 2009 年 1 月八處高頭蝠棲所監測地點分布圖

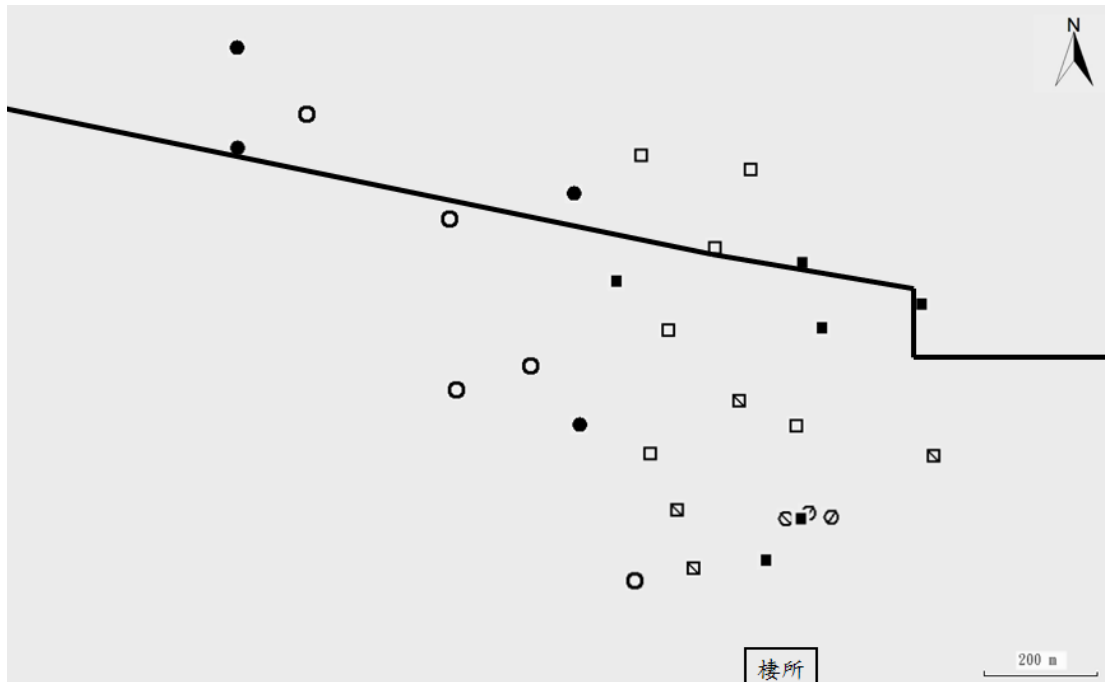


圖二、2008 年 2 月至 2009 年 1 月八處監測地點高頭蝠群利用棲所時間長度與分布(單位：週)



圖三、無線電追蹤彰化竹塘高頭蝠之棲所連續利用時間與次數





圖四、無線電追蹤彰化竹塘高頭蝠個體活動區域圖(折線為灌溉溝渠)

塗滿：成體雄蝠、空心：成體雌蝠

左下斜線：第一年雄蝠、右下斜線：第一年雌蝠



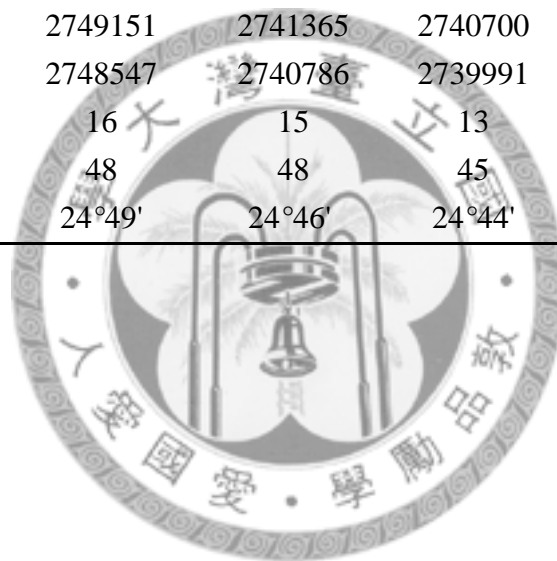
表一、八處高頭蝠監測地點與中央氣象局各地氣象站間直線距離

監測地點	氣象觀測站（站號）	距離（km）
台北萬華	台北（466920）	0.86
新竹新埔	新竹（467571）	3.38
新竹竹東	竹東（C0D560）	0.99
新竹香山	香山（C0D570）	5.75
彰化竹塘	台西（C0G710）	13.50
雲林北港	四湖（C0K280）	10.67
台南安南	佳里（C0X080）	10.94
屏東內埔	潮州（C0R220）	14.58



表二、2008 年 2 月至 2009 年 1 月八處監測地點高頭蝠棲所連續利用時間、年均溫、緯度、座標、開始利用時間與結束利用時間

	台北萬華	新竹新埔	新竹竹東	新竹香山	彰化竹塘	雲林北港	台南安南	屏東內埔
連續利用時間(週)	31	23	24	23	41	42	37	47
年均溫(°C)	23.58	22.69	21.99	22.18	22.89	23.08	23.73	24.21
緯度	25° 2.21'	24° 50.66'	24° 46.46'	24° 46.03'	23° 50.85'	23° 34.16'	23° 4.59'	22° 38.59'
六度分帶座標(y 軸)	2769891	2749151	2741365	2740700	2639800	2609159	2554909	2505995
二度分帶座標(y 軸)	2769964	2748547	2740786	2739991	2638271	2607516	2553033	2504830
開始利用時間(週序)	11	16	15	13	9	5	7	4
結束利用時間(週序)	51	48	48	45	56	53	50	57
各地氣象站緯度	25°02'	24°49'	24°46'	24°44'	23°51'	23°37'	23°10'	22°32'



表三、八處監測地點不同時段平均日均溫與 20℃ 或 25℃ 上下日數比例

	利用期		開始利用前		非利用期		利用期	
	日均溫	20℃ 以上日數比	日均溫	20℃ 以下日數比	日均溫	20℃ 以下日數比	日均溫	25℃ 以上日數比
台北萬華	26.9	0.982	17.68	0.708	17.60	0.752	28.11	0.884
新竹新埔	27.72	1.00	18.64	0.610	18.48	0.672	27.90	0.881
新竹竹東	26.70	0.989	17.88	0.656	17.74	0.714	27.03	0.844
新竹香山	26.85	0.988	17.40	0.709	18.38	0.649	27.21	0.850
彰化竹塘	24.93	0.854	16.79	0.759	16.16	0.837	27.38	0.905
雲林北港	24.99	0.867	14.39	1.00	15.28	0.972	27.44	0.891
台南安南	26.90	0.971	17.35	0.765	17.23	0.842	28.11	0.939
屏東內埔	24.92	0.848	17.53	0.913	18.29	0.811	27.39	0.918

表四、2008 年 2 月至 2009 年 1 月八處監測地點各月份高頭蝠群棲息總數量(同一月份若有兩個數字，表示曾進行兩次計算；劃底線者為該地各月份蝠群數量計算最大值；「-」表示無資料)

	08' Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	09' Jan.
台北萬華			13	13 6	11 8	6 15	12 12	16 <u>79</u>	20 15	10		
新竹新埔				11	396	<u>838</u>	818	287	9			
新竹竹東				45	427	<u>893</u>	815	656	15			
新竹香山				393	22	<u>1449</u>	1171	603 11				
彰化竹塘			448	714	-	<u>1861</u>	1773	1344	989	395	258	
雲林北港		13	25 56	88	716	<u>1615</u>	1059	1154	250	96	35	
台南安南			7 20	17	71	208	<u>226</u>	189	66	3		
屏東內埔		30	220 85	449	480	<u>1233</u>	-	734	391	281	55	

表五、2008 年 2 月至 2009 年 1 月七處監測地點每月份高頭蝠棲息集中度 Shannon-Weiner diversity index 數值(同一月份若有兩個數字，

表示曾進行兩次計算；劃底線者為該地各月份 index 計算最大值；「-」表示無資料)

	08'Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
台北萬華			1.32	1.32、0.45	0.91、0.74	1.01、0.39	1.24、1.42	<u>1.51</u> 、0.46	1.18、0.49	0.64	
新竹新埔				0	0.69	<u>1.43</u>	1.26	0.40	0.35		
新竹竹東				0	0	0	0	0.04	<u>0.39</u>		
新竹香山				0	0.99	<u>1.00</u>	0.16	0.16、0			
彰化竹塘			2.09	<u>2.25</u>	-	1.98	2.05	2.04	2.07	1.76	1.55
台南安南			1.08、1.30	<u>1.56</u>	0.58	0.74	1.49	1.21	0.45	0	
屏東內埔		0.43	0.30、0.83	0.11	0.90	0.54	-	0.07	0.34	0.77	<u>1.27</u>

表六、2009 年於彰化竹塘研究地 5 次捕捉高頭蝠的月份與捕獲個體組成，刮號內數字表示捕捉到 2008 年標記個體數

捕捉時間	雄性成蝠	雌性成蝠	第一年雄性幼蝠	第一年雌性幼蝠	總數
四月	34(5)	108(4)			142(9)
五月	23(1)	63(4)			86(5)
七月至八月	7(0)	34(3)	32	67	140(3)
九月	16(0)	33(1)	24	58	131(1)
十月至十一月	14(0)	27(0)	23	53	117(0)



表七、2009 年於彰化研究地五次重複捕捉中的標記個體

重複捕捉時間	捕獲標記個體	當次捕捉個體數	標記個體比例	當時蝠群總量	推算標記個體總數	重複利用程度
四月	9	142	0.063	468	30	0.136
五月	5	86	0.058	735	43	0.195
七月至八月	3	140	0.021	1807	39	0.177
九月	1	131	0.008	1247	10	0.045
十月至十一月	0	117	0	791	0	0



表八、無線電追蹤超過一天以上的高頭蝠個體組成與使用棲所狀況

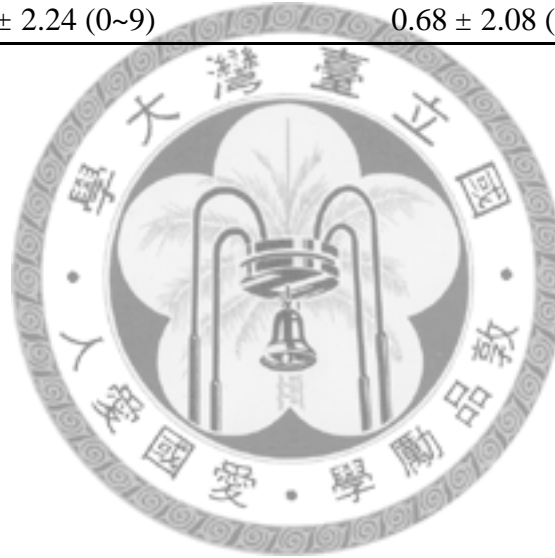
追蹤個體	性別	年齡	追蹤日數	使用棲所數(個)	追蹤到棲所數(個)	整夜活動追蹤日數	活動區域追蹤日數
NTUm328	M	Young	7	4	4	5	-
NTUm330	F	Young	5	2	2	4	-
NTUm332	F	Adult	10	3	3	4	-
NTUm333	F	Young	7	2	2	4	-
NTUm335	M	Young	12	5	4	4	-
NTUm337	F	Adult	11	2	2	-	11
NTUm338	F	Young	5	3	3	-	5
NTUm339	F	Adult	12	2	2	-	12
NTUm340	M	Young	3	1	1	-	3
NTUm341	M	Young	9	4	3	-	9
NTUm342	M	Adult	8	3	3	-	8
NTUm345	M	Adult	8	2	2	5	-
NTUm346	M	Adult	12	5	5	-	12

表九、無線電追蹤高頭蝠使用日棲所的逐日變化與停留時間最久的棲所所佔時間比例(O 表示個體使用地點外的日棲所)

追蹤個體	追蹤日數	使用日棲所之逐日變化(棲所代號)												停留最久棲所佔總時間比例
NTUm328	7	8	12	11	11	10	12	11						0.43
NTUm330	5	5	6	5	5	5								0.80
NTUm332	10	9	9	9	9	9	9	11	10	10	10			0.60
NTUm333	7	11	5	5	5	5	5	5						0.86
NTUm335	12	3	7	5	5	5	6	6	O	6	5	5	5	0.50
NTUm337	11	6	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3		0.82
NTUm338	5	7	4	4	6	6								0.40
NTUm339	12	9	9	9	9	9	10	9	9	9	9	9	9	0.92
NTUm341	9	7	7	7	6	6	O	O	10	7				0.44
NTUm342	8	9	10	10	10	10	11	9	9					0.50
NTUm345	8	7	7	7	7	9	7	7	7					0.88
NTUm346	12	7	7	10	10	10	9	10	10	10	12	11	11	0.50

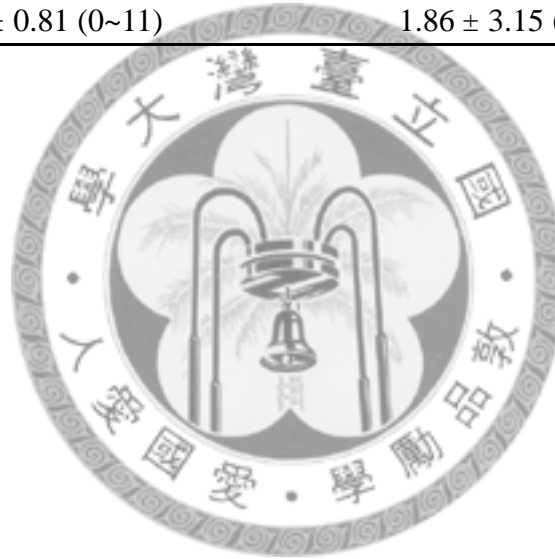
表十、高頭蝠性別間三項棲所忠誠度計算項目與棲所變換距離之比較(*表示統計結果達顯著差異)

	雄性(6)	雌性(6)	分析結果(Mann-Whitney test)
平均利用時間(天)	1.84 ± 1.03 (1~4)	3.13 ± 2.5 (1~9)	p=0.13
棲所變換指數	0.49 ± 0.18 (0.17~0.71)	0.72 ± 0.17 (0.5~0.9)	p=0.07
棲所利用多樣性指數	1.09 ± 0.37 (0.38~1.35)	0.61 ± 0.30 (0.29~1.06)	p=0.055
棲所變換距離(公尺)	1.30 ± 2.24 (0~9)	0.68 ± 2.08 (0~11)	p=0.01*



表十一、不同年齡高頭蝠三項棲所忠誠度計算項目與棲所變換距離之比較(*表示統計結果達顯著差異)

	成體(6)	第一年出生個體(6)	分析結果(Mann-Whitney test)
平均利用時間(天)	2.90 ± 2.14 (1~9)	1.76 ± 1.16 (1~6)	$p=0.03^*$
棲所變換指數	0.72 ± 0.13 (0.55~0.9)	0.49 ± 0.20 (0.17~0.83)	$p=0.03^*$
棲所利用多樣性指數	0.73 ± 0.41 (0.29~1.35)	0.97 ± 0.41 (0.41~1.30)	$p=0.26$
棲所變換距離(公尺)	0.44 ± 0.81 (0~11)	1.86 ± 3.15 (0~3)	$p=0.03^*$



表十二、高頭蝠夜間利用日棲所處作為夜棲所的情形(數字為日棲所標號)

	Day 1	夜間	Day 2	夜間	Day 3	夜間	Day 4	夜間	Day 5	夜間	Day 6
NTUm328	8	12	12	11	11	10 11	11	11 10	10	11 12	12
NTUm345	7	7	7	7	7	7	7	7 9	9	7 8 7	7
NTUm330	5	6	6	6 5	5	6 5	5	5 6 5	5		
NTUm333	11	6 5	5	6 5	5	6 5	5	5	5		
NTUm332	9	6 9	9	10 9	9	no	9	9	9		
NTUm335	3	7	7	6 5	5	5	5	5 6 5	5		

