

台灣水鹿之活動範圍與社會結構初探 —以奇萊磐石山區為例

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中華民國一百年十二月

台灣水鹿之活動範圍與社會結構初探 —以奇萊磐石山區為例

研究生：顏士清

指導教授：王穎

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中華民國 100 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
Abstract	IX
第一章 前言	1
第二章 材料與方法	5
第一節 研究地區.....	5
第二節 研究方法.....	5
第三章 結果	9
第四章 討論	19
附錄	25
參考書目	27

表次

表 3-1 雄鹿 CL6 之年、季、月活動範圍	13
表 3-2 雄鹿 CL15 之年、季、月活動範圍	14
表 3-3 雌鹿 CL18 與雄鹿 CL19、CL20 之月活動範圍	14
表 3-4 雌水鹿 CL4 之項圈定位情形及其年、季、月活動範圍	15

圖次

圖 3-1 水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動空間分布位置與活動範圍	15
圖 3-2 水鹿 CL18、CL19、CL120 之活動空間分布位置與活動範圍	16
圖 3-3 輕颱萊羅克侵台期間，雄鹿 CL6 之活動範圍變化	16
圖 3-4 中颱凡那比侵台期間，雄鹿 CL6 之活動範圍變化	17
圖 3-5 中颱梅姬侵台期間，雄鹿 CL6、CL15 之活動範圍變化	17
圖 3-6 強颱南瑪都侵台期間，雄鹿 CL15 之活動範圍變化	18
圖 3-7 雌鹿 CL18、雄鹿 CL19、雄鹿 CL20 之活動範圍重疊情形	18
圖 4-1 水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動範圍季節性變化	23
圖 4-2 水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動範圍(fixed kernel)月變化	23

摘要

一、研究緣起

水鹿(*Rusa unicolor*)廣泛分布在東南亞及南亞，其中台灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)為台灣特有亞種，在國內被列為保育類野生動物，但不論國內外，目前對於水鹿之生態習性仍十分缺乏研究，在經營管理與保育方面也缺少許多相關資料。因此本研究針對其空間使用與社會結構方面進行了解，欲研究其活動範圍的大小及活動範圍在性別、季節間的不同，並嘗試對其婚配制度做初步探討。

二、研究方法及過程

我們以圍網捕捉水鹿，裝設 GPS 項圈進行追蹤，計算每隻個體的年、季、月活動範圍變化，及颱風侵台期間的日活動範圍變化。再利用個體間活動範圍重疊情形及野外目擊紀錄，初步探討其婚配制度。

三、重要發現

目前已回收 4 雄 2 雌之 GPS 定位資料。雄鹿 CL6 年活動範圍 95% MCP (minimum convex polygon) 為 1,678 ha，雄鹿 CL15 年活動範圍 95% MCP 為 701 ha，雌鹿 CL4 年活動範圍 95% MCP 為 743 ha，以 fixed kernel method 估算則 CL6 為 79 ha、CL15 為 66 ha、CL4 為 103 ha。CL6 及 CL15 於夏秋兩季活動範圍較大，冬春兩季則遷移至中海拔地區，活動範圍下降。CL4 僅有冬春兩季資料，其數次往返於高海拔棲地與中海拔棲地，因此冬春兩季之活動範圍(54 ha、115 ha，fixed kernel)高於 CL6(15 ha、13 ha，fixed kernel)及 CL15(12 ha、13 ha，fixed kernel)。CL4、CL6、CL15 之月活動範圍面積變化都與月均溫呈現正相關。另外，追蹤雌鹿 CL18 及雄鹿 CL19、CL20 約一個月，其 10 月之月活動範圍分別為 27、16、16 ha (fixed kernel)。分析颱風對水鹿 CL6 與 CL15 日活動範圍的影響發現，颱風侵台期間都會有一日之日活動範圍明顯增大，顯示颱風可能推動水鹿移動到森林環境躲避，且其移動後便留在新區域短期內不再返回。以 CL6 之 GPS 資料分析發現，定位間隔 1 小時與間隔 4 小時產生之活動範圍無顯著差異(Wilcoxon

Signed-Rank test, $P = 0.189$), 未來可嘗試採 2 小時間隔以兼顧節省電力、定位正確率、及資料細緻度。此外我們以目擊紀錄探討水鹿之群聚結構組成, 目擊紀錄顯示雄鹿多半為單獨活動, 也有部分 1 雄多雌的組合, 而部分雌鹿會單獨行動, 部分則呈兩隻到四隻的小群體一同行動。以雌雄水鹿間活動範圍的重疊比例來看, 雌鹿 CL18 對雄鹿 CL19、CL20 之重疊率(32.7%、17.0%)低於雄鹿對雌鹿之重疊率(62.2%、95.3%)。我們認為水鹿偏向群居性動物, 但個體之間關係並不緊密, 其婚配制度可能為一夫多妻制或多夫多妻制。

四、 主要建議事項

1. 尚有數隻佩戴項圈之個體, 其資料未能於今年度回收完畢, 未來應持續追蹤並嘗試回收資料, 以得到更完整可靠的結果。
2. 颱風對大型哺乳動物行為之影響的相關研究很少, 本研究初步發現颱風對水鹿的活動範圍與移動造成影響, 未來可對此深入進行研究。

Abstract

The Formosan sambar deer (*R. unicolor swinhoii*) is a subspecies endemic to Taiwan and is classified as ‘rare and valuable species’ in the List of Protected Species of Taiwan. However, the life history of sambar remains unclear. For the purposes of management and conservation, the studies on the life history of sambar deer are required. In this project, we aimed to study the space use and social structure of Formosan sambar deer.

We captured the deer with drive net, and collared them with GPS transmitters. The location data from GPS collars were analyzed for the annual, seasonal, and monthly home ranges of the deer. The daily home ranges during the invasion of typhoons were also calculated. Moreover, we explored the mating system of sambar by their home range overlaps and sighting records.

We have retrieved the location data from 4 males and 2 females. The results showed that the annual home range of deer CL4 (female), CL6 (male), and CL15 (male) were 743, 1,678, and 701 ha (95% minimum convex polygon), respectively. By fixed kernel method, the annual home range of CL4, CL6, and CL15 were 103, 79, and 66 ha, respectively. The 2 stags had higher seasonal home ranges in summer and fall than in winter and spring. The winter and spring home ranges of the female CL4 were 54 and 115 ha (fixed kernel method), which were higher than the 2 males CL6 (15 ha in winter and 13 ha in spring) and CL15 (12 ha in winter and 13 ha in spring). Furthermore, the monthly home range sizes of the 3 deer (CL4, CL6, and CL15) were positively correlated to the monthly average temperatures. Besides, we had another 3 deer which were tracked approximately 1 month (female: CL18; male: CL19 and CL20), their monthly home ranges of October were 27, 16, and 16 ha (fixed kernel method), respectively. Moreover, CL6 and CL15 usually had a suddenly increasing of

daily home range size during the invasion of typhoons. It revealed that the typhoon may cause the movement of deer. The deer might move to avoid the strong wind and rain carried by typhoon.

By analyzing the location data of CL6, we found that there was no significantly difference between the home range sizes derived from 1-hour fix interval and 4-hours fix interval (Wilcoxon Signed-Rank test, $P = 0.189$). To trade off between battery longevity, fix success rate, and data amount, a 2-hours fix interval should be tested in the future.

The sighting records showed that most males were solitary. However, there were some small groups comprising 1 male and several females. Furthermore, some females were solitary, and some of them formed small-sized groups. Regarding the intersexual overlap, overlap values for female-male pairs were lower than for male-female pairs, 32.7 and 17.0 versus 62.2 and 95.3%. We inferred that the mating system of sambar deer might be polygyny or promiscuity.

We failed to retrieve the data of 9 collared deer this year. To make this study more reliable, retrieving the data is one of the most important works to be done in the future. Besides, there are few studies which focused on the impacts of typhoon to animal behavior. In this study, we inferred that typhoon affected the daily home range and movement of sambar deer. It will be a subject worth further studying.

第一章 前言

一、緣起

了解動物的空間使用(space use)是對於動物生活史最基礎且重要的研究，最常被用來評估空間使用的方式是計算其活動範圍(home range)，即畫出一隻個體進行覓食、休息、交配或其他行為的區域，藉活動範圍的各種性質(如面積變化、植被組成、重疊情形等)評估動物如何因應環境來調整、選擇其生活方式與生活空間。研究者可藉由活動範圍與動物出現位置了解動物的雌雄差異、空間使用的季節變化、分布方式(Galanti et al. 2006)、棲地選擇(Klar et al. 2008)，進一步更可了解其覓食行為(Safi et al. 2007)、社會群聚方式(Zhang et al. 2010)、與其他物種間的生態區位分隔(Boisjoly et al. 2010)與輔助族群估算(Hewison et al. 2007)等。空間使用的研究也可以為經營管理帶來許多助益，例如了解動物遷徙的方式可以提供保護區劃定的參考(Zeng et al. 2008)，了解其分布方式可以幫助瀕危物種建立族群間的交流(Kuemmerle et al. 2010)，了解其棲地選擇方式可讓管理單位能將有限的資源投在更需要被關注的區域，或是知道如何改善棲地環境(Boisjoly et al. 2010; Klar et al. 2008)。

而社會結構(social structure)為動物行為研究最重要的課題之一，婚配制度(mating system)又是社會結構中很重要的一部份，主要分為一夫一妻制(monogamy)、一夫多妻制(polygyny)、一妻多夫制(polyandry)、與多夫多妻制(promiscuity)等幾種類型。動物的許多生物特性與其婚配制度常互為因果關係，例如一夫多妻制的動物常具有性別二形性、雌性群聚、雄性具強烈領域性、雄性防衛其他雄性靠近配偶、殺嬰現象等行為，而有長期固定配對、天敵壓力高、較佳的親代照顧等情形的動物則常傾向為一夫一妻制(Reichard and Boesch 2003)，這些現象之中有數個都與動物的空間使用及活動範圍有關，因此藉由空間使用的研究可以有助於對其婚配制度的研究。

水鹿分布於南亞及東南亞地區，此外亦被引進到美國、紐西蘭、澳洲等地，在其原產國家對其之相關研究仍很少，關於水鹿的空間使用，在過去僅 Shea et al. (1990)曾捕捉野生水鹿並設置發報器追蹤，但此研究在美國的聖文森島進行，該島位處熱帶，且島嶼面積僅 345 km²，其環境與台灣水鹿之棲地環境具有很大的差異。目前在水鹿原產國家中仍未曾有人利用發報器對其空間使用作深入的了解，僅有部分以穿越線調查法得到的研究結果(Kushwaha et al. 2004; Steinmetz et al. 2009)。

在台灣，過去對台灣水鹿的研究多半限於養殖族群，對野生族群的生態學研究頗為缺乏，近年才漸漸有行為觀察(郭正彥 2005)、食性(李玲玲 et al. 2006)、族群估算(李玲玲 et al. 2007)、活動模式(翁國精 et al. 2009; 裴家騏 and 姜博仁 2004)、棲地使用(王穎 et al. 2009; 王穎 et al. 2008)、對森林之影響等研究出現(翁國精 et al. 2009)，直至 2009 年方有研究人員成功捕捉野生水鹿並設置發報器追蹤其空間使用方式(王穎 et al. 2009)。

以發報器追蹤野生動物能獲得關於動物活動更直接而詳盡的資料，但台灣相關研究相對較少，尤其在中大型哺乳動物僅台灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)(Hwang and Garshelis 2007)、山羌(*Muntiacus reevesi*)(McCullough et al. 2000)等曾有完整研究發表，而王穎 et al.(2009, 2010)曾成功捕捉 16 隻台灣水鹿分別設置 GPS 項圈與 VHF 項圈，目前有 10 隻個體仍持續以 GPS 項圈追蹤當中，對於水鹿的空間使用已有初步的了解，並發現台灣水鹿的活動範圍明顯大於引進至美國的水鹿(Shea et al. 1990)，但目前因樣本數與追蹤時間不足，研究尚不完整，亟需增加樣本數並持續追蹤獲得更多資料。

在社會結構方面，有些熱帶起源的鹿科動物行連續性一夫一妻制(serial monogamy)(Bubenik 1985)，其前提是全年都有雌鹿發情，水鹿也是熱帶起源鹿種，也可能行此制度，但目前也有觀察發現雄鹿會佔有小群雌鹿，類似一夫多妻制的特徵(郭正彥 2005)。一個物種的配對制度會依環境狀況進行彈性調整，並非一個物種只有一種繁殖策略(Goodrich et al. 2010)，台灣水鹿生活在中高海拔山

區，氣候與其他國家的棲地不同，可能具有跟其他地區不同的婚配制度，值得我們進行探索。

本研究欲利用發報器追蹤水鹿，瞭解不同性別野生水鹿活動範圍的時間變化，未來可應用在野生水鹿的分布、擴散、棲地選擇等研究上，再配合目擊紀錄分析個體間的空間分布與群聚方式，探討其可能的社會結構，進一步瞭解本種的生活史。

二、預期目標

1. 比較不同性別台灣水鹿之年活動範圍、季活動範圍、月活動範圍。並嘗試深入探討特殊天候(颱風)時活動範圍的變化。
2. 瞭解台灣水鹿群聚方式及個體之間的活動範圍分布、重疊狀況，藉此探討其社會結構。

第二章 材料與方法

第一節 研究地區

太魯閣國家公園位於花蓮、臺中及南投三縣境內，其範圍以立霧溪流域、中部東西橫貫公路沿線及其外圍山區為主，包括合歡山區、奇萊連峰(中央山脈北三段北段)、南湖中央尖山區(中央山脈北一段)、中央山脈北二段、陶塞溪流域、清水山及三棧溪流域等，面積共約 92,000 ha。本研究主要在奇萊與磐石山區進行，此處位於中央山脈主稜及向東延伸之奇萊東稜上，海拔大多在 3000 m 以上，年均溫為 7.7°C，冬季一、二月間溫度常在 0°C 以下，年雨量在 2,000 mm 以上，夏季多雨，冬季較乾但可能降雪。此區植物相以高山針葉林、玉山箭竹矮灌叢等類群為主，林線以上具有大面積的高山草原。針葉林組成以雲杉、鐵杉、冷杉、二葉松等為主，玉山箭竹矮灌叢除玉山箭竹為優勢種外，亦常有圓柏及杜鵑花科植物(楊及徐，2004)，海拔約 2000 m 處則有針闊葉混合林。

第二節 研究方法

一、水鹿捕捉

本團隊 2010 年在磐石山區已捕捉 10 隻水鹿(6 雄 4 雌)掛上 TenXsys C500 GPS 項圈或 Tellus 4D GPS 項圈進行追蹤，本年度則在 9 月再次進行捕捉工作以增加樣本數，共新增 4 隻個體，佩掛 Tellus 4D GPS 項圈。

捕捉時先選擇適當地形架設圍網，在網前放置誘餌吸引水鹿前來舔食，待水鹿進入圍網中，研究人員靠近驅趕使其撞上圍網受縛，再由獸醫師以吹箭注射麻醉藥，麻醉藥使用 Xylazine HCl 1.2 mg/kg 及 Ketamine HCl 2.0 mg/kg 混合劑量(董光中 et al. 1993)，等待約 5 分鐘水鹿安靜不再掙扎後，研究人員再上前壓制，並解開網子及綑綁四肢確保人員安全。接著獸醫師注射 dexamethasone 5 ml，防止水鹿過度緊迫，並全程監控水鹿生理狀況，以避免造成水鹿傷亡，再以 TScale DR-300 電子吊秤測定重量，秤重後設置項圈發報器，再測量水鹿之頸圍、肩高、

體長等形值資料，同時注射辨識晶片。最後靜脈注射解劑 Yohimbine 0.12-0.175 mg/kg，解開繩索原地釋放。從動物受縛至釋放，均在 30 分鐘內完成，以避免動物處在緊迫狀態之時間過長。

二、活動範圍

本研究預計GPS項圈發報器追蹤水鹿活動範圍，GPS項圈設定為每1－4小時定位一次，定位點儲存於項圈上，待研究人員持接收器下載。下載所得的定位資料會先經過整理，將定位失敗及誤差明顯過大的資料刪除，使用剩下正確性較高的資料作後續分析。

活動範圍以軟體ArcView 3.3 (ESRI Inc., Redlands, CA)之Home Range Extension分析。先把資料分為雌雄兩組，比較兩者的年活動範圍、季活動範圍及月活動範圍，再分別用雌雄資料比較其不同季節的活動範圍差異。季活動範圍之季節分類方法為春(3-5月)、夏(6-8月)、秋(9-11月)、冬(12-2月)四季。

為了解影響水鹿活動範圍的因素，我們以氣溫與降雨量進行分析。首先以Pearson's correlation分析每隻個體的月活動範圍與月均溫之相關性，再根據中央氣象局的氣象資料找出颱風侵台與侵台前各兩日的每日降雨量，並計算各日活動範圍，以更小的尺度觀察降雨量對活動範圍影響。

在氣象資料的選擇上，降雨量以大禹嶺測站為主，因其與樣區同樣位於中央山脈東側，且海拔、位置較接近樣區，若大禹嶺測站之資料有缺漏則改用昆陽測站的資料。而氣溫的資料則以昆陽測站為主，因其海拔與樣區相似。

活動範圍的計算方法有許多種，我們採用最廣泛使用且易於跟其他研究比較的最小凸多邊形法(minimum convex polygon, MCP)計算，以95% MCP代表其活動範圍，50% MCP代表其核心區域(Millspaugh and Marzluff 2001)，在日活動範圍的部份，由於一日的定位點較少，因此採用100% MCP計算；另外，過去研究認為Kernel Method可以提供更正確的活動範圍計算，且此法在統計上可不被部分前提假說所限制，因此我們也採用Fixed Kernel Method計算(Millspaugh and Marzluff 2001; Worton 1989)，Fixed Kernel Method的結果可代表動物主要使用的活動空間

之面積。

由於各項圈設定之定位時間間隔不盡相同，為了解定位間隔差異是否對活動範圍的評估產生影響，我們另外對定位間隔最短的項圈資料(1小時定位一次)進行刪減，只保留每4小時定位一次的資料(與定位間隔最長的項圈相同)，重新計算其年活動範圍與季活動範圍(95%MCP及Fixed Kernel)，最後以Wilcoxon Signed-Rank test比較兩種定位間隔所產生的活動範圍。

二、社會結構

1. 目擊記錄

每一至兩個月上山調查一次，在行走過程若目擊水鹿則記錄數量、性別，並於夜間在營地進行夜間調查，持強力手電筒偵測營地附近附近的鹿隻，記錄目擊水鹿的數量、性別、年齡。藉目擊資料比較水鹿群聚方式在不同季節的變化。

2. 活動範圍重疊比例

研究動物個體之間互動的方式主要有三種，第一種以目擊資料比較個體間每次被目擊時共同行動的比例，第二種以發報器追蹤，比較兩個體在同一時間之定位點距離，第三種則是以追蹤資料比較兩個體活動範圍的共用、重疊比例(Millspaugh and Marzluff 2001)。

在本研究，我們主要以第三種方式進行，以個體為單位列出個體間重疊比例(Wagner et al. 2008; Zhang et al. 2010)。為了解婚配制度，尚應分析相同性別及不同性別間的重疊比例(Vila et al. 2008)，但因目前雌性水鹿的資料不足，目前已回收的雌鹿CL4追蹤時間與其他個體都不同，而CL18目前僅追蹤一個月，資料太少，未來有待CL18、CL19、CL20累積更多資料，並設法回收CL7、CL8、CL9、CL11、CL12、CL14、CL16的資料，方足以做此分析。重疊比例之計算方式為 $S_{a,b} = A_{a,b}/A_a$ ， A_a 為動物a的活動範圍面積， $A_{a,b}$ 為動物a與b重疊之活動範圍面積， $S_{a,b}$ 即動物a與b重疊範圍佔a全部活動範圍之比例。進行此分析時，僅分析追蹤時期重疊的個體，不同時間追蹤所得之個體活動範圍重疊度不納入計算。

一夫一妻制的動物常具有長期的雌雄配對、雌雄配對的領域性強、雌性不群

聚等現象，而一夫多妻制的動物常反之，具有雌雄在繁殖季配對、雄性在繁殖季具有強烈領域性、雌性常群聚(Reichard and Boesch 2003)等現象。我們可以藉由目前所獲得的空間資料以這些現象做初步研判。

社會結構的研究往往需要累積數年的資料才能有正確而完整的結果，本研究因僅有一年的資料，且未能涵蓋族群中大多數的個體，因此在社會結構的部份為利用現有資訊作初步探討，為未來更完整的研究建立良好的第一步。

第三章 結果

一、活動範圍

目前共有 14 隻水鹿配置 GPS 項圈持續追蹤中，其中 10 隻為 2010 年捕捉之個體(王穎 et al. 2010)，4 隻為 2011 年 9 月捕捉的個體。2011 年 10 月回收其中 4 隻雄鹿 CL6、CL15、CL19、CL20 及 1 隻雌鹿 CL18 的資料，此外再加上王穎 et al. (2010)之雌鹿 CL4 的資料一起分析。另外尚有 9 個 GPS 項圈，部分因距離太遠無法接收，部分則發現儀器故障，未來均將設法追蹤或回收。

CL6 之追蹤時間自 2010 年 7 月 20 日起，至 2011 年 7 月 10 日個體死亡停止追蹤。其項圈設定為每一小時定位一次，扣除定位失敗與誤差過大的資料後，以 8267 筆定位資料作後續分析(表 3-1)，項圈定位成功率為 96.76%。

雄鹿 CL6 之年活動範圍為 1678 ha (95% MCP) (圖 3-1)，核心區域為 155 ha (50% MCP)，fixed kernel 計算之活動範圍為 79 ha。其在夏季活動範圍最大(118 ha，fixed kernel)，秋季次之(67 ha，fixed kernel)，冬季(15 ha，fixed kernel)及春季(13 ha，fixed kernel)的活動範圍則明顯較小(表 3-1)。月活動範圍在 5 ha 到 75 ha 之間(平均 25 ± 24 ha)，6-10 月的活動範圍較大(表 3-1)。檢視定位資料發現其夏秋兩季在高海拔地區有三個較常使用的區域，冬春兩季則在中海拔托博闊河流域的一個區域活動，隔年六月又回到前個秋季常使用的地區。

CL15 的追蹤期間為 2010 年 9 月 26 日至 2011 年 9 月 9 日，因項圈電力不足而停止追蹤，此項圈設定為每四小時定位一次，扣除定位失敗與誤差過大的資料後，共有 1489 筆定位資料(表 3-2)，項圈定位成功率為 71.31%。

雄鹿 CL15 之年活動範圍為 701 ha (95% MCP) (圖 3-1)，核心區域為 149 ha (50% MCP)，fixed kernel 計算之活動範圍為 66 ha。其在夏季活動範圍最大(53 ha，fixed kernel)，秋季次之(38 ha，fixed kernel)，冬季(12 ha，fixed kernel)及春季(13 ha，fixed kernel)的活動範圍則明顯較小(表 3-2)，月活動範圍為 5 ha 到 28 ha，平均 15 ± 11 ha。檢視定位資料發現其秋季活動於磐石中峰南方的區域(海拔

約 2700 – 3000 m)，秋季末期遷移至磐石中峰北方、托博闊溪南方區域(海拔約 2000-2500 m)，冬春兩季均在此區活動，直到 6 月重回高海拔地區，且為前一年秋季所處地區，顯示其可能有一定的棲地忠誠度。

目前已收回之 CL18 追蹤資料時間範圍為 2011 年 9 月 27 日至 2011 年 10 月 25 日，仍持續追蹤當中，項圈設定為每四小時定位一次，共有 137 筆有效的定位資料。其 10 月活動範圍為 224 ha (95% MCP)，核心區域為 70 ha (50% MCP)，fixed kernel 計算之活動範圍為 27 ha (表 3-3、圖 3-2)。

CL19 於 2011 年 9 月 28 日被捕捉追蹤，我們在 2011 年 10 月 23 日回收一次資料，此項圈每四小時定位一次，扣除定位錯誤的資料後，以 145 筆定位資料進行分析。其 10 月活動範圍為 118 ha (95% MCP)，核心區域為 16 ha (50% MCP)，fixed kernel 計算之活動範圍為 16 ha (表 3-3、圖 3-2)。

已收回之 CL20 追蹤資料為 2011 年 9 月 29 日到 2011 年 10 月 27 日，其項圈每四小時定位一次，刪除誤差過大及定位失敗的資料後，共有 137 筆資料可進行分析。其 10 月活動範圍為 40 ha (95% MCP)，核心區域為 10 ha (50% MCP)，fixed kernel 計算之活動範圍為 16 ha (表 3-3、圖 3-2)。

此處附上前一年度王穎 et al. (2010)所收集之雌鹿 CL4 資料以利參考比較，其追蹤時間為 2009 年 12 月 5 日至 2010 年 6 月 7 日項圈脫落，由於整理資料過程發現部分錯誤，因此全部重新分析，以下呈現數據會與文獻中略有出入。

雌鹿 CL4 由 2009 年 12 月至 2010 年 6 月的活動範圍 95% MCP 為 743 ha(圖 3-1)，核心活動區域 50% MCP 為 274 ha，fixed kernel 計算之活動範圍為 103 ha。春季之活動範圍 (115 ha，fixed kernel)大於冬季之活動範圍 (58 ha，fixed kernel)。CL4 在高海拔及靠近托博闊溪的中海拔各有一個較常活動的區域，其冬春兩季數次往返兩個區域，因此 CL4 春冬兩季的活動範圍較 CL6、CL15 大(表 3-4)。

分析動物月活動範圍與溫度之相關性發現兩者呈現正相關，在雌鹿 CL4 為低度正相關($r = 0.273$, $P = 0.600$, Pearson's correlation)，在雄鹿 CL6 呈現顯著的高度正相關($r = 0.723$, $P = 0.005$, Pearson's correlation)，在雄鹿 CL15 則呈現中度正相關($r = 0.546$, $P = 0.053$, Pearson's correlation)。

由於兩隻雄鹿 CL6 及 CL15 之活動範圍差異很大，或許有可能是因兩項圈之定位間隔分別為 1 小時及 4 小時，資料量的差異造成活動範圍的差異，因此我們再以 CL6 的資料檢測 1 小時定位間隔與 4 小時定位間隔產生之活動範圍，結果顯示兩者無顯著差異(Wilcoxon Signed-Rank test, $P = 0.189$)，故能消除此疑慮。

根據中央氣象局資料顯示，本研究進行期間侵台的颱風包括 2010 年 8 月 31 日至 9 月 2 日的輕度颱風萊羅克、2010 年 9 月 17 日至 9 月 20 日的中度颱風凡那比、2010 年 10 月 21 日至 23 日的中度颱風梅姬、及 2011 年 8 月 27 日至 31 日的強烈颱風南瑪都。分析這四個颱風期間的 CL6 與 CL15 活動範圍發現，在颱風侵台期間，常有日活動範圍突然大增的現象且活動範圍增加的時間通常在雨量最大日或之後一日(圖 3-3、圖 3-4、圖 3-5、圖 3-6)。檢視其位置後發現，CL6 及 CL15 在四個颱風侵台期間有類似的行為模式，其在颱風侵台前及侵台初期在固定小範圍內活動，颱風侵台期間有一日移動到另一個區域，導致該日活動範圍明顯較大，颱風侵台後期及颱風離開後兩日則留在該區域活動，因此活動範圍又變小。颱風期間轉移到的新棲地通常為海拔較低或是森林更茂密的環境，因此推測此移動行為可能與躲避風雨有關。梅姬颱風期間 CL6 與 CL15 均遷移到磐石中峰北方的中海拔托博闊溪流域，直至 2011 年春夏之際才返回高海拔地區。因此我們推測颱風對水鹿的空間使用有明顯影響。

二、社會結構

整理本年度水鹿目擊資料，1 月、3 月、5 月三趟行程共目擊 2 雄 2 雌總計 4 隻水鹿，均為單獨活動(附錄一)，因資料量不足難以比較季節間之水鹿群聚方式差異。6、7、9、10 月共有 96 筆目擊資料，扣除可識別個體之重複目擊紀錄後，

共有 26 隻雄鹿為單獨行動、17 隻雌鹿為單獨行動，團體行動的組成包括 1 雄 1 雌(2 組)、1 亞成雄 2 雌(3 組)、2 雌(2 組)、1 雄 3 雌 1 幼、3 雌、1 雄 3 雌(附錄 z 一)。夜間可見許多單獨或團體行動的鹿群都到水池邊活動，但經觀察可發現同群之個體相互距離較接近，不同群之個體若太靠近時常會互相驅趕。

分析 2011 年 9 月至 10 月雌鹿 CL18 與雄鹿 CL19、CL20 的重疊比例，發現雌鹿對雄鹿的活動範圍重疊率較低($S_{18,19} = 32.7\%$ 、 $S_{18,20} = 17.0\%$)，而雄鹿對雌鹿之活動範圍重疊較高($S_{19,18} = 62.2\%$ 、 $S_{20,18} = 95.3\%$)(圖 3-7)，雄鹿間的重疊比例則分別為 $S_{19,20} = 33.9\%$ 、 $S_{20,19} = 99.7\%$ 。

欲以活動範圍探討社會結構或婚配制度，需要較多的樣本支持，目前僅能呈現初步資料，未來將持續追蹤收集資料。

表 3-1 2010 年至 2011 年奇萊與磐石山區，雄鹿 CL6 之年、季、月活動範圍

	No. of localities	95% MCP (ha)	50% MCP (ha)	Fixed Kernel (ha)
Annual	8267	1678	155	79
Summer	993	1548	1393	118
2010.07	269	1123	151	51
2010.08	724	1524	1067	75
Fall	2145	1350	211	67
2010.09	703	457	23	22
2010.10	732	350	79	35
2010.11	710	27	11	8
Winter	2082	35	13	15
2010.12	710	27	11	8
2011.01	718	23	7	10
2011.02	656	25	17	8
Spring	2171	31	7	13
2011.03	736	22	4	5
2011.04	706	19	6	9
2011.05	729	26	10	12
Summer	886	892	84	55
2011.06	658	882	423	59
2011.07	228	28	10	5

表 3-2 2010 年至 2011 年奇萊與磐石山區，雄鹿 CL15 之年、季、月活動範圍

	No. of localities	95% MCP	50% MCP	Fixed Kernel
Annual	1489	701	149	66
Fall	294	355	100	38
2010.09	48	235	16	22
2010.10	123	254	21	28
2010.11	123	16	3	5
Winter	381	21	8	12
2010.12	138	18	5	8
2011.01	123	19	3	8
2011.02	120	17	6	11
Spring	389	42	11	13
2011.03	135	8	2	5
2011.04	139	43	5	8
2011.05	115	13	3	12
Summer	384	626	343	53
2011.06	131	342	94	24
2011.07	110	433	70	42
2011.08	143	28	7	17
Fall				
2011.09	43	31	4	27

表 3-3 2011 年 10 月奇萊與磐石山區，雌鹿 CL18 與雄鹿 CL19、CL20 之月活

動範圍

	No. of localities	95% MCP	50% MCP	Fixed Kernel
CL18	137	224	70	27
CL19	145	118	16	16
CL20	137	40	10	16

表 3-4 2009-2010 年磐石山區，雌水鹿 CL4 之項圈定位情形及其年、季、月活動範圍

	No. of localities	95% MCP (ha)	50% MCP (ha)	Fixed Kernel (ha)
Total	778	743	274	103
Winter	376	483	82	58
12	118	290	65	56
1	143	23	9	9
2	115	276	24	41
Spring	383	740	64	115
3	130	483	77	81
4	115	61	30	15
5	138	188	20	36

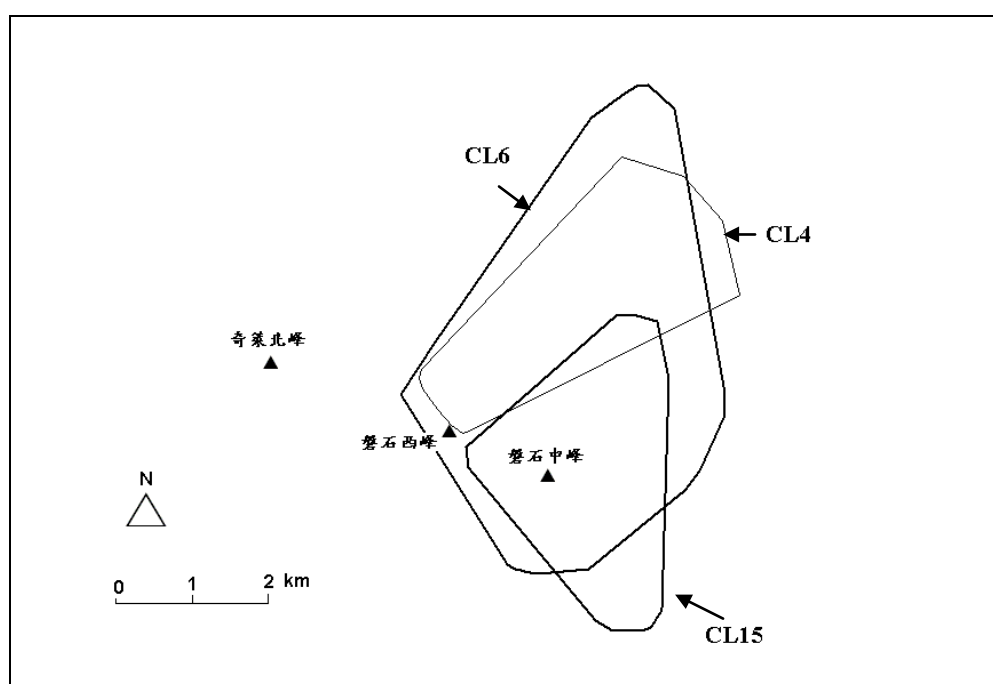


圖 3-1 2009 年 12 月至 2011 年 9 月，奇萊與磐石山區，台灣水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動空間分布位置與活動範圍(95% MCP)。粗線條者為雄鹿，細線條者為雌鹿。

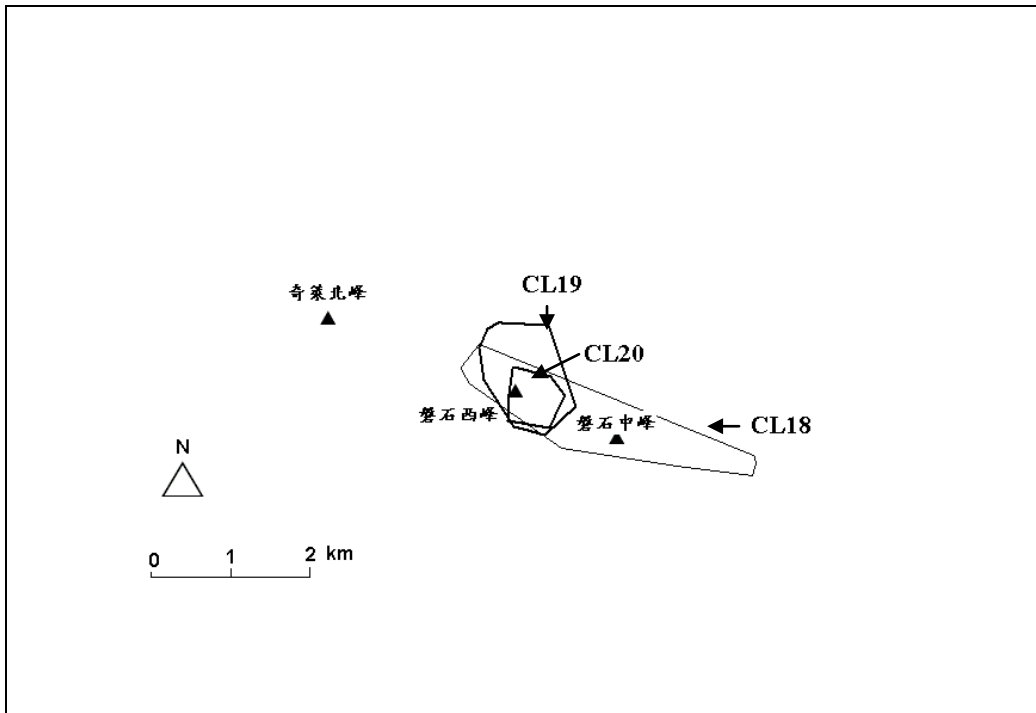


圖 3-2 2011 年 9 月至 2011 年 10 月，奇萊與磐石山區，台灣水鹿 CL18、CL19、CL120 之活動空間分布位置與活動範圍(95% MCP)。粗線條者為雄鹿，細線條者為雌鹿。

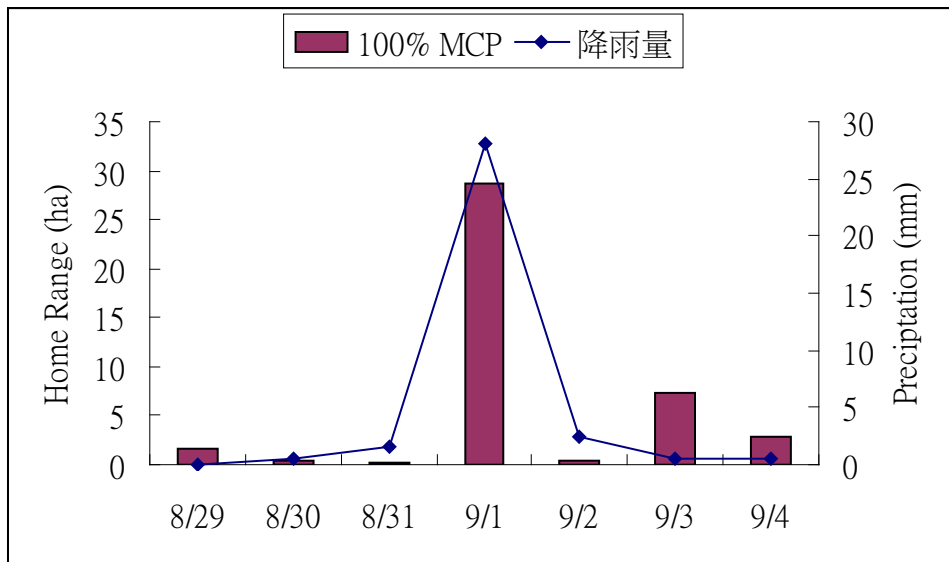


圖 3-3 輕颱萊羅克侵台期間及前後各兩日(2010 年 8 月 29 日至 2010 年 9 月 4 日)，奇萊與磐石山區雄鹿 CL6 之活動範圍(100% MCP)變化。

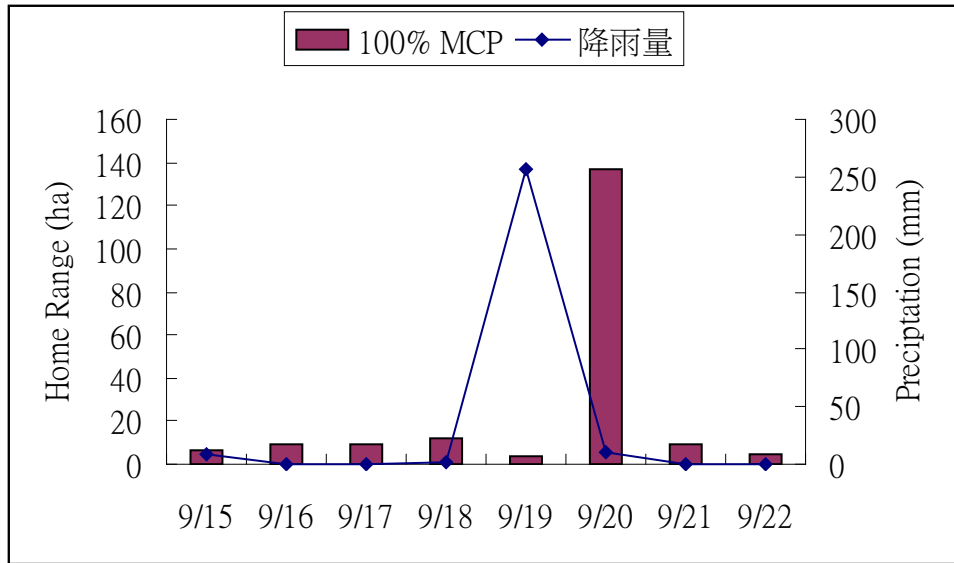


圖 3-4 中颱凡那比侵台期間及前後各兩日(2010 年 9 月 15 日至 2010 年 9 月 22 日)，奇萊與磐石山區雄鹿 CL6 之活動範圍(100% MCP)變化。

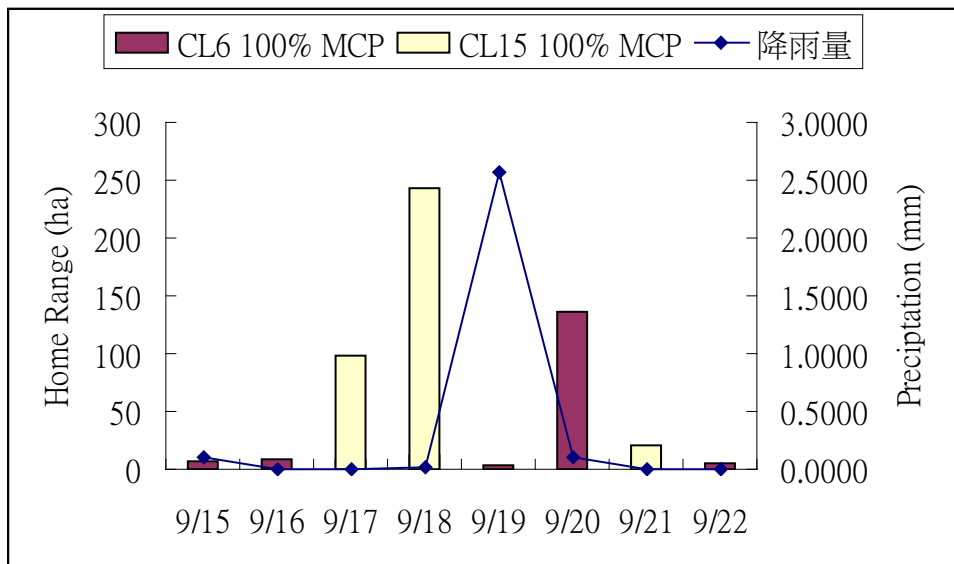


圖 3-5 中颱梅姬侵台期間及前後各兩日(2010 年 10 月 19 日至 2010 年 10 月 25 日)，奇萊與磐石山區雄鹿 CL6、CL15 之活動範圍(100% MCP)變化。

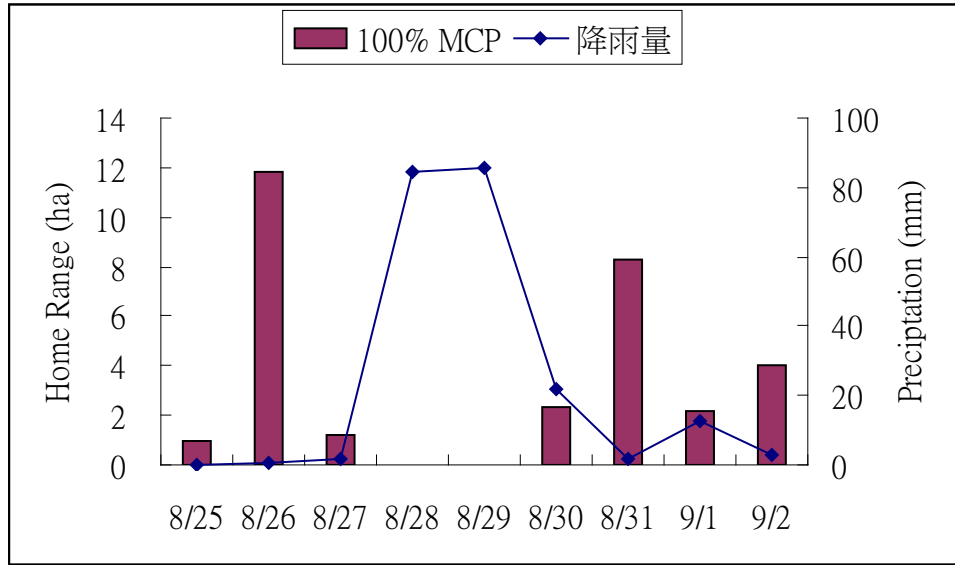


圖 3-6 強颱南瑪都侵台期間及前後各兩日(2011 年 8 月 25 日至 2011 年 9 月 2 日)，奇萊與磐石山區雄鹿 CL15 之活動範圍(100% MCP)變化。部份日期因有效定位點不足而無法計算活動範圍。

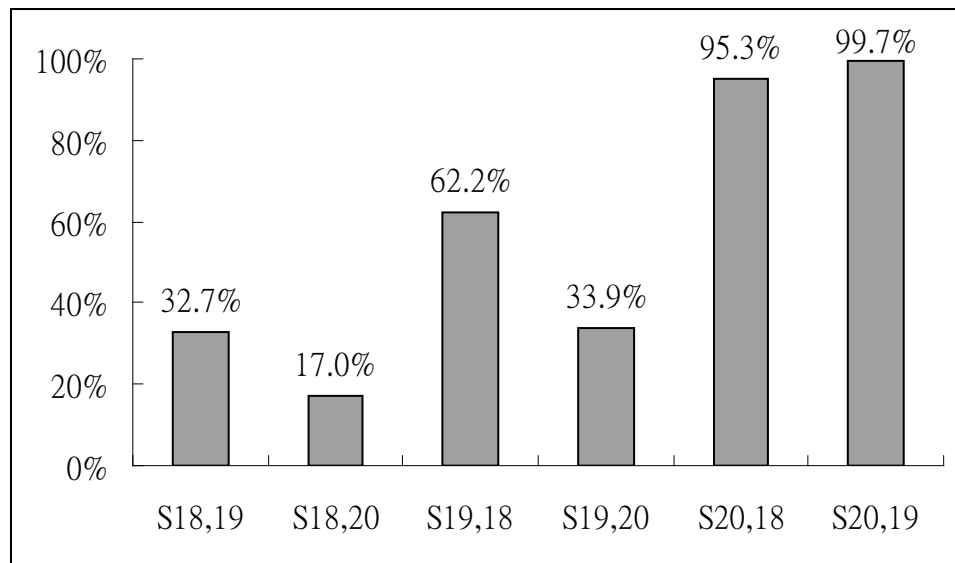


圖 3-7 2011 年 9 月至 10 月，雌鹿 CL18、雄鹿 CL19、雄鹿 CL20 之活動範圍重疊情形。

第四章 討論

目前我們使用的 GPS 項圈分別為 Tellus 及 TenXsys 兩個廠商所製造，其中對 Tellus 項圈回收資料的效率較高，去年至今年使用的六個項圈已回收了其中五個的資料，但去年所使用的八個 TenXsys 項圈目前回收率為零，部分項圈之無線電未發出訊號，且以 UHF 接收器接收時未能與項圈連結上，導致今年資料回收狀況不如預期。雖然 TenXsys 項圈的 VHF 及 UHF 系統出現問題，但 GPS 裝置可能仍可以正常工作，因此我們未來的工作目標是重新捕捉戴有 TenXsys 項圈的個體來回收資料。

本研究中雄鹿 CL6 與 CL15 之追蹤時間約有一年，能夠幫助我們了解水鹿一年的空間使用變化。目前國際上唯一以項圈追蹤水鹿空間使用的研究報告，是在美國聖文森島針對引入的水鹿進行的研究(Shea et al. 1990)，此地為熱帶小型島嶼，該研究顯示雄性水鹿的年活動範圍平均為 460 ha (modified minimum area)，雌性水鹿的年活動範圍平均為 201 ha，而雄鹿季活動範圍以春季最大(平均 189 ha)，雌鹿則以冬季最大(平均 83 ha)。本研究於太魯閣國家公園進行，緯度與海拔導致氣候偏向溫帶性氣候，水鹿的空間使用方式的確也極為不同，以目前所得 3 隻水鹿之 95% MCP 活動範圍來比較，雄鹿 CL6 的年活動範圍 1,678 ha，雄鹿 CL15 的年活動範圍 701 ha，雌鹿 CL4 的年(冬春兩季)活動範圍 743 ha，均大於聖文森島的水鹿，這符合一般認為動物在熱帶、植被茂密的環境之活動範圍會小於在溫帶環境之活動範圍(McCullough et al. 2000)。此外 CL6 與 CL15 以夏秋兩季活動範圍明顯較大，CL4 則以春季活動範圍大於冬季活動範圍(圖 4-1)，這樣的季節性變化趨勢也與聖文森島水鹿極為不同。

許多哺乳動物在冬季會降低活動範圍(e. g. Jacques et al. 2009; Luccarini et al. 2006)，可能原因是受到氣溫、食物資源影響，例如冬季時食物資源較少獲得能量的效率較低，移動則因積雪影響或天氣嚴寒而較耗能量，當覓食所得能量低於移動所耗能量時，動物便可能傾向暫時減少移動(Yoakum 2004)。而本樣區之高

海拔地區冬季會降雪，CL6、CL15 在冬季都未使用 3000 m 以上的高海拔區域，而是在中海拔區域活動，且沒有長距離移動，缺少了高海拔棲地的情況下導致其冬季活動範圍變小，這也可能是這個中海拔區域的食物資源足夠他們所需，而高海拔地區的食物資源太差所致。CL4 則數次往返於中海拔棲地與高海拔棲地，使得其春冬兩季活動範圍較 CL6、CL15 更高，這是個體差異還是雌雄差異目前仍難以判斷。以月均溫與月活動範圍之關係來看，在 CL6、CL15 也是呈現高度及中度正相關($r = 0.723, P = 0.005$; $r = 0.546, P = 0.053$, Pearson's correlation)，在 CL4 則只有低度正相關($r = 0.273, P = 0.600$, Pearson's correlation)，是否是雌性對溫度較不敏感仍有待釐清。

另一個可能影響動物活動範圍季節性變化的原因是繁殖，雄性在交配的季節可能會尋找配偶而增加活動範圍或者為了佔領領域而縮小活動範圍，而雌性在分娩後可能會為了育幼減少活動範圍(Singer et al. 1981)。過去對養殖台灣水鹿所做研究發現其可能全年均可進行配種(楊錫坤 1988)，在野外通常以雄鹿硬角後為繁殖行為之高峰。據研究人員經驗，本樣區在 6 月可同時觀察到具硬角及具鹿茸的雄鹿，7 月後則多為硬角雄鹿，因此推測 7-9 月可能是此區雄鹿繁殖行為較高峰的時段，CL6 在 6、7、8 月的活動範圍較其他月份高(圖 4-2)，而 CL15 在 9、10 月的活動範圍也較其他月份高(圖 4-2)，顯示在繁殖季他們的活動範圍是較大的，可能的解釋是因為本區的水鹿密度較高，以致雄鹿間沒有建立明顯的排他領域，配對方式可能不採穩定長期的方式，而是以機遇尋求配種機會 (Adrian and Sachser 2011)，實際上我們也觀察到在夏秋兩季的夜晚，雄鹿會群聚在水池附近活動，僅在距離過近時才會互相驅趕。雌鹿方面，在過去研究發現，台灣水鹿生產小鹿的時間分布在 3-10 月(李玲玲 and 林宗以 2003)，範圍很大，而 CL4 的資料僅有半年，且其在中海拔活動時難以觀察到生產狀況，因此目前尚無法了解繁殖對雌鹿空間使用造成的影響。

本研究中我們很意外的發現颱風可能是水鹿轉移活動區域的推力，並由氣象

資料顯示降雨量可能是主要的因子，這個結果顯示這類劇烈的氣候的確會對動物之活動造成影響。過去研究指出颶風過境吹倒樹木、樹枝，獐鹿(roe deer，*Capreolus capreolus*)因此得到更豐富的食物資源而在短期內降低活動範圍(Widmer et al. 2004)，也有研究發現冬季的暴風雪讓白尾鹿活動量下降(Michael 1970)，但尚未發現有颱風促使鹿類移動量增加的報導，台灣每年都遭遇到數次颱風侵襲，這種天氣型態與歐美國家很不同，因此探討動物對颱風之反應或應對策略的研究也較少，未來我們可以繼續朝此方向深入研究。

CL6 與 CL15 之活動範圍差異很大，兩者項圈 GPS 定位間隔分別為 1 小時與 4 小時，我們擔心可能是因 CL15 定位間隔較長導致資料量較少，使得計算所得的活動範圍較小，但將 CL6 之定位資料處理為 4 小時間隔後重新計算，發現所得之活動範圍與原本無顯著差異，顯示 CL6 與 CL15 的差異是個體差異，而非定位間隔造成影響。過去有許多研究探討評估動物活動範圍時所需要的定位點數量，各研究說法不一，一般常使用的標準是認為每季至少需具有 50 個定位點才足以正確評估季活動範圍 (Millsbaugh and Marzluff 2001)，現今我們使用 GPS 項圈，資料量已遠超過此最低需求，即使是 4 小時的定位間隔每年仍有上千筆定位資料。未來若欲節省項圈電力，項圈可設定為 4 小時定位一次即可，而若欲進行較細緻的比較，例如本研究中颱風對日活動範圍的影響，則需設定為 1-2 小時定位一次，每日的資料量才足夠進行有效分析。

Mills et al. (2006)研究 GPS 項圈之定位間隔與定位效率(定位成功率、電池續航力)之關係，認為 1.5 小時為最佳的定位間隔，且時間若隔太長會降低定位成功率。以本研究的結果來比較，定位間隔 1 小時的 CL6 項圈定位成功率為 96.76%，而定位間隔 4 小時的 CL4、CL15 定位間隔分別為 70.86%、71.31%，定位間隔短者其定位成功率明顯較高，也符合 Mills et al. (2006)的論點。由於 1 小時間隔之耗電量很大，因此未來我們將試著採用 2 小時之定位間隔，以同時提升定位成功率並減少耗電量。

我們本欲利用目擊觀察的方式了解不同季節水鹿群聚方式的變化，但目前發現水鹿冬天會降遷到中海拔地區，主要為森林環境，很難獲得目擊資料，缺乏冬春兩季資料的狀況下無法進行季節間的比較。因此目前僅採夏秋兩季高海拔地區的水鹿目擊資料，以這段繁殖行為較多的時期探討水鹿繁殖期群聚方式。目前所得資料顯示如同過去所知，雄鹿多半為單獨活動，有時可見到一雄多雌的團體，部分亞成雄鹿也會與雌鹿一同活動，這樣的亞成雄鹿都是角未分叉的年輕個體，而雌鹿則是單獨行動或是呈兩隻到四隻的小群體一同行動，這樣的小群體可能均為成年雌鹿也可能包含了幼鹿。一夫一妻制的動物通常為單獨行動或是成對行動，而一夫多妻制的動物中雄性常單獨行動，雌性常團體行動，發情期則由一隻雄性個體支配多隻雌性(Reichard and Boesch 2003)，因此本區水鹿群聚方式來看，其婚配制度可能以一夫多妻制為主。

以活動範圍重疊率來看，本區水鹿個體之間的活動範圍重疊率高，顯示其可能不論雌雄都沒有建立明顯的領域，與過去文獻描述相符，如 Leslie (2011)指出雄性水鹿在發情時會建立不排他的領域，吸引雌鹿自行靠近。目前能夠分析活動範圍重疊率的個體仍少，但我們可發現不論同性間或異性間，其重疊率都不低，此結果支持水鹿偏向群居性動物，但個體之間的關係較不緊密。又由於即使是發情期雄鹿也未建立排他領域，雌鹿也可自由進出雄鹿的領域而非固定一起活動，因此也不排除本區水鹿婚配制度為多夫多妻制的可能性。

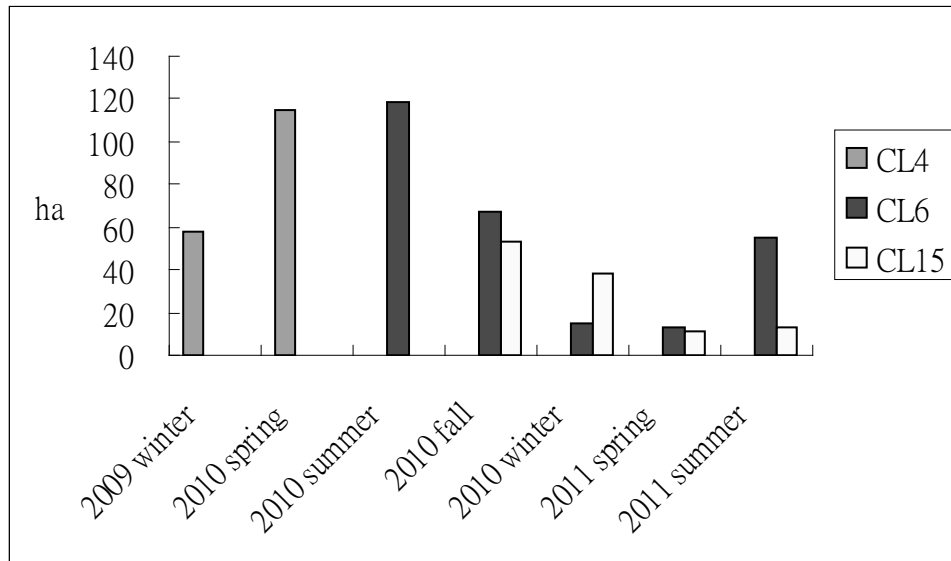


圖 4-1 奇萊與磐石山區，台灣水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動範圍(fixed kernel)季節性變化。CL4 追蹤期間為 2009 年 12 月至 2010 年 5 月，CL6 追蹤期間為 2010 年 7 月至 2011 年 7 月，CL15 追蹤期間為 2010 年 9 月至 2011 年 9 月。

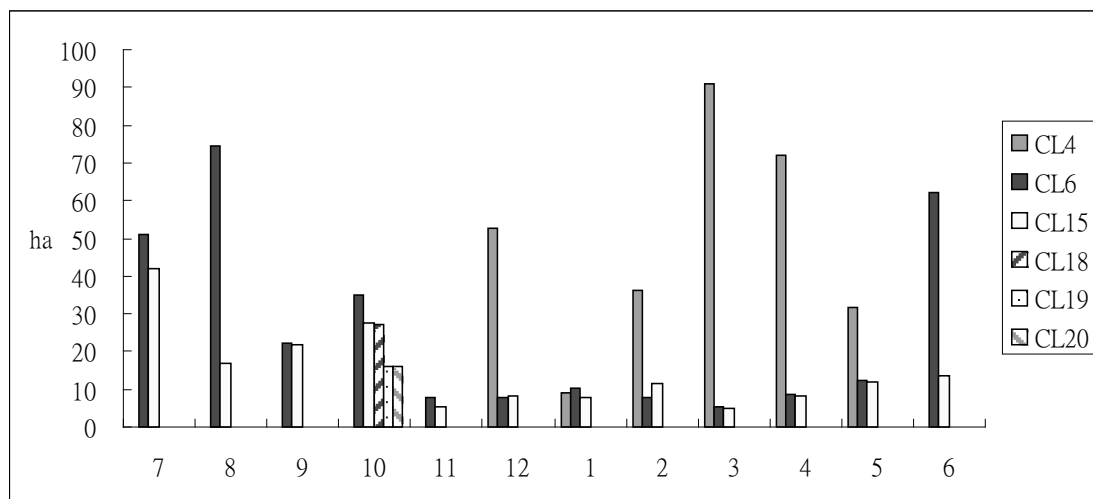


圖 4-2 奇萊與磐石山區，台灣水鹿 CL4、CL6、CL15 之活動範圍(fixed kernel)月變化。CL4 追蹤期間為 2009 年 12 月至 2010 年 5 月，CL6 追蹤期間為 2010 年 7 月至 2011 年 7 月，CL15 追蹤期間為 2010 年 9 月至 2011 年 9 月。

附錄一 2011 年太魯閣國家公園內野外調查之水鹿目擊紀錄

日期	時間	群體組成			地點	日期	時間	群體組成			地點
		雄	雌	幼				雄	雌	幼	
1/25	下午	1			凱金	6/8	18:30	1			驚嘆號池
3/5	下午	1			凱金	6/9	05:00	1			驚嘆號池
5/8	16:55		1		驚嘆號池	6/9	19:40	1	3		驚嘆號池
5/9	23:05	1			驚嘆號池	6/9	19:40	1	2		驚嘆號池
6/1	06:10	1			驚嘆號池	6/9	19:40	1			驚嘆號池
6/3	14:20		3		磐西之東南稜	6/13	晚上	1	1		驚嘆號池
6/3	19:45	1	2		驚嘆號池	6/13	晚上		1		驚嘆號池
6/3	19:45	1			驚嘆號池	6/13	晚上	1			驚嘆號池
6/3	19:45		2		驚嘆號池	6/13	晚上		1		驚嘆號池
6/4	19:10	1	3		驚嘆號池	6/13	晚上	1	2		驚嘆號池
6/4	19:10		1		驚嘆號池	6/14	白天	1			驚嘆號池
6/5	06:50		1		驚嘆號池	6/14	白天	1	1		磐西之東南稜
6/5	19:20	1	3		驚嘆號池	6/14	晚上	1			驚嘆號池
6/5	19:20	1	2		驚嘆號池	6/14	晚上	1			驚嘆號池
6/5	19:20		1		驚嘆號池	6/14	晚上	1	2		驚嘆號池
6/5	19:20	1			驚嘆號池	6/14	晚上	1	4		驚嘆號池
6/5	19:20	1			驚嘆號池	6/14	晚上	1	2		驚嘆號池
6/5	19:20	1			驚嘆號池	6/14	晚上	1			驚嘆號池
6/6	20:30	1			磐西往磐中	6/14	晚上	1			驚嘆號池
6/6	21:40	1	3		驚嘆號池	6/15	早上	1			驚嘆號池
6/6	21:40		2		驚嘆號池	6/15	早上	1			驚嘆號池
6/7	19:40	1	3		驚嘆號池	6/15	早上	1			驚嘆號池
6/7	19:40	1	2		驚嘆號池	6/15	晚上	1	1		磐中營地
6/7	19:40	1			驚嘆號池	6/16	白天		1		甜甜圈谷地
6/7	19:40	1			驚嘆號池	6/16	白天	1			甜甜圈谷地
6/7	19:40	1			驚嘆號池	6/16	晚上	1	3		磐中營地
6/7	19:40		3		驚嘆號池	6/16	晚上	1			磐中營地
6/7	19:40		1		驚嘆號池	6/17	白天	1			甜甜圈谷地
6/7	19:40		2		磐中營地	6/17	晚上	1			磐中營地
6/8	13:00	1			磐中營地	6/18	白天		1		磐石西峰之東
6/8	13:25	1			磐西往磐中	6/18	晚上	1	1		驚嘆號池
6/8	18:30	1			驚嘆號池	7/27	23:56	1	1		驚嘆號池
6/8	18:30	1	3		驚嘆號池	*7/28	20:23	2	2	1	驚嘆號池
6/8	18:30	1	2		驚嘆號池	*7/29	20:02	4	4	1	驚嘆號池
6/8	18:30	1			驚嘆號池	7/30	16:56		1		磐石中峰
6/8	18:30	1			驚嘆號池	7/30	17:42		1	1	磐石西峰

附錄一(續) 2011 年太魯閣國家公園內野外調查之水鹿目擊紀錄

日期	時間	群體組成			地點	日期	時間	群體組成			地點
		雄	雌	幼				雄	雌	幼	
*7/30	19:16	4	4	1	驚嘆號池	10/22	晚上				驚嘆號池
*9/24	19:30	3	4		月形池	10/22	晚上	1			驚嘆號池
9/25	6:10		1		月形池	10/22	晚上		1		驚嘆號池
9/26	9:18	1			驚嘆號池	10/23	白天		1		西峰東南稜
9/26	17:38	1			磐石西峰	10/23	白天	1			西峰東南稜
9/27	9:22	1			磐石西峰	10/24	10:08	1			磐中北稜
9/27	12:49	1			磐石西峰	10/24	23:45	1			磐中北稜
9/29	14:03	1			磐石西峰	10/24	白天		1		甜甜圈谷地
*9/29	晚上	2	9		驚嘆號池	10/24	白天	1			甜甜圈谷地
*9/30	6:05	2	3		驚嘆號池	*10/25	22:16	2	3		驚嘆號池
9/30	16:00	1			磐石西峰	10/26	晚上	1	2		磐石中峰
10/22	16:07	1	1		杜銓山西南稜	10/27	10:00		1		磐石西峰

* 未能明確分辨個體間群組狀況的紀錄

參考書目

- Adrian, O., Sachser, N., 2011. Diversity of social and mating systems in canids: a review. *Journal of Mammalogy* 92, 39-53.
- Boisjoly, D., Ouellet, J.-P., Courtois, R., 2010. Coyote Habitat Selection and Management Implications for the Gaspésie Caribou. *Journal of Wildlife Management* 74, 3-11.
- Bubenik, A.B., 1985. Reproductive strategies in Cervids. Royal Society of New Zealand.
- Galanti, V., Preatoni, D., Martinoli, A., Wauters, L.A., Tosi, G., 2006. Space and habitat use of the African elephant in the Tarangire-Manyara ecosystem, Tanzania: Implications for conservation. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 71, 99-114.
- Goodrich, J.M., Miquelle, D.G., Smirnov, E.N., Kerley, L.L., Quigley, H.B., Hornocker, M.G., 2010. Spatial structure of Amur (Siberian) tigers (*Panthera tigris altaica*) on Sikhote-Alin Biosphere Zapovednik, Russia. *Journal of Mammalogy* 91, 737-748.
- Hewison, A.J.M., Angibault, J.-M., Cargnelutti, B., Coulon, A., Rames, J.-L., Serrano, E., Verheyden, H., Morellet, N., 2007. Using Radio-tracking and Direct Observation to Estimate Roe Deer *Capreolus capreolus* Density in a Fragmented Landscape: A Pilot Study. *Wildlife Biology* 13, 313-320.
- Hwang, M.-H., Garshelis, D.L., 2007. Activity patterns of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) in the Central Mountains of Taiwan. *Journal of Zoology* 271, 203-209.
- Jacques, C.N., Jenks, J.A., Klaver, R.W., 2009. Seasonal Movements and Home-Range Use by Female Pronghorns in Sagebrush-Steppe Communities of Western South Dakota. *Journal of Mammalogy* 90, 433-441.
- Klar, N., Fernandez, N., Kramer-Schadt, S., Herrmann, M., Trinzen, M., Buttner, I., Niemitz, C., 2008. Habitat selection models for European wildcat conservation. *Biological Conservation* 141, 308-319.
- Kuernerle, T., Perzanowski, K., Chaskovskyy, O., Ostapowicz, K., Halada, L., Bashta, A.-T., Kruhlov, I., Hostert, P., Waller, D.M., Radeloff, V.C., 2010. European Bison habitat in the Carpathian Mountains. *Biological Conservation* 143, 908-916.
- Kushwaha, S.P.S., Khan, A., Habib, B., Quadri, A., Singh, A., 2004. Evaluation of sambar and muntjak habitats using geostatistical modelling. *Current Science* 86, 1390-1400.
- Leslie, D.M., 2011. *Rusa unicolor* (Artiodactyla: Cervidae). *Mammalian Species* 43, 1-30.
- Luccarini, S., Mauri, L., Ciuti, S., Lamberti, P., Apollonio, M., 2006. Red deer

- (*Cervus elaphus*) spatial use in the Italian Alps home range patterns, seasonal migrations, and effects of snow and winter feeding. *Ethology Ecology and Evolution* 18, 127-145.
- McCullough, D.R., Pei, K.C.J., Wang, Y., 2000. Home Range, Activity Patterns, and Habitat Relations of Reeves' Muntjacs in Taiwan *journal of Wildlife Management* 64, 430-441.
- Michael, E.D., 1970. Activity patterns of white-tailed deer in South Texas. *Texas Journal of Science* 21, 417-428.
- Mills, K.J., Patterson, B.R., Murray, D.L., Bowman, J., 2006. Effects of variable sampling frequencies on GPS transmitter efficiency and estimated wolf home range size and movement distance. *Wildlife Society Bulletin* 34, 1463-1469.
- Millsaugh, J.J., Marzluff, J.M., 2001. Radio tracking and animal populations. Academic Press, San Diego, USA.
- Reichard, U.H., Boesch, C., 2003. Monogamy: mating strategies and partnerships in birds, humans and other mammals. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Safi, K., Konig, B., Kerth, G., 2007. Sex differences in population genetics, home range size and habitat use of the parti-colored bat (*Vespertilio murinus*, Linnaeus 1758) in Switzerland and their consequences for conservation. *Biological Conservation* 137, 28-36.
- Shea, S.M., Flynn, L.B., Marchinton, R.L., Lewis, J.C., 1990. Ecology of sambar deer on St. Vincent National Wildlife Refuge, Florida. Part II: Social behavior, movement ecology, and food habitats. *Bulletin of Tall Timbers Research Station* 25, 13-62.
- Singer, F.J., Otto, D.K., Tipton, A.R., Hable, C.P., 1981. Home Ranges, Movements, and Habitat Use of European Wild Boar in Tennessee. *The Journal of Wildlife Management* 45, 343-353.
- Steinmetz, R., Chutipong, W., Seuaturien, N., Chirngsaard, E., Khaengkhetkarn, M., 2009. Population recovery patterns of Southeast Asian ungulates after poaching. *Biological Conservation* 143, 42-51.
- Vila, A.R., Beade, M.S., Barrios Lamunière, D., 2008. Home range and habitat selection of pampas deer. *Journal of Zoology* 276, 95-102.
- Wagner, A.P., Frank, L.G., Creel, S., 2008. Spatial grouping in behaviourally solitary striped hyaenas, *Hyaena hyaena*. *Animal Behaviour* 75, 1131-1142.
- Widmer, O., Saïd, S., Miroir, J., Duncan, P., Gaillard, J.-M., Klein, F., 2004. The effects of hurricane Lothar on habitat use of roe deer. *Forest Ecology and Management* 195, 237-242.
- Worton, B.J., 1989. Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology* 70, 164-168.
- Yoakum, J.D., 2004. Habitat characteristics and requirements. *Wildlife Management*

Institute, Washington, D.C.

Zeng, Z.-G., Skidmore, A.K., Song, Y.-L., Wang, T.-J., Gong, H.-S., 2008. Seasonal Altitudinal Movements of Golden Takin in the Qinling Mountains of China. *Journal of Wildlife Management* 72, 611-617.

Zhang, L., Wang, Y., Zhou, Y., Newman, C., Kaneko, Y., Macdonald, D.W., Jiang, P., Ding, P., 2010. Ranging and Activity Patterns of the Group-Living Ferret Badger *Melogale moschata* in Central China. *Journal of Mammalogy* 91, 101-108.

王穎, 顏士清, 林子揚, 張郁琦, 賴冠榮, 2009. 太魯閣國家公園高山生態系 - 台灣水鹿棲地使用之研究(二). 太魯閣國家公園管理處委託研究報告, 60 頁.

王穎, 顏士清, 林子揚, 陳匡洵, 廖昱銓, 賴冠榮, 2010. 奇萊山區台灣水鹿之活動模式與空間使用. 太魯閣國家公園管理處.

王穎, 顏士清, 廖家宏, 葉建緯, 2008. 太魯閣國家公園高山生態系 - 台灣水鹿棲地使用之研究(一). 太魯閣國家公園管理處委託研究報告, 46 頁.

李玲玲, 林宗以, 2003. 台灣水鹿的食性研究. 行政院農委會林務局, 68 頁.

李玲玲, 林宗以, 池文傑, 2007. 玉山國家公園南二段地區中大型哺乳動物調查暨台灣水鹿族群監測計畫. 內政部營建署玉山國家公園管理處, 70 頁.

李玲玲, 林宗以, 蔡振光, 2006. 台灣水鹿食性暨玉里野生動物保護區水鹿族群生態研究(三). 行政院農委會林務局, 64 頁.

翁國精, 林宗以, 蔡及文, 2009. 玉山國家公園新康山區暨南二段中大型哺乳動物調查計畫. 玉山國家公園管理處, 88 頁.

郭正彥, 2005. 磐石山區高地草原台灣水鹿之日間行為. 國立台灣師範大學生命科學系碩士論文, 68 頁.

楊錫坤, 1988. 玉山國家公園梅山水鹿復育研究 (生理營養學基本資料之建立). 玉山國家公園管理處委託研究計畫, 52 頁.

董光中, 王俊秀, 徐慶霖, 楊忠亮, 施宗雄, 1993. 鹿隻化學制動藥物選擇及臨床應用之探討. 台灣畜牧獸醫學會會報 61, 9-18.

裴家騏, 姜博仁, 2004. 大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(三). 行政院農委會林務局研究系列 92-2 號, 85 頁.