

國立東華大學自然資源管理研究所

碩士論文

指導教授：吳海音 博士

王穎 博士

玉山國家公園台灣黑熊之生態學研究

ECOLOGY OF ASIATIC BLACK BEARS (*Ursus thibetanus*
formosanus) IN YUSHAN NATIONAL PARK, TAIWAN



研究生：吳煜慧

Wu, Yu-Hui

中華民國九十三年七月

誌謝

這四年學了很多，也得到了很多。20 幾趟往來大分，累積的路程，等於繞了台灣一圈，但身體上的辛苦卻遠比不上心理的牽掛：擔心追蹤到一半黑熊跑走，一切就得從頭開始；擔心上山協助人員的安危；擔心設置的器材沒有發揮效用...而上天卻都以不同的方式回報我：山上巧遇當時追蹤的黑熊、在營地附近散步的食蟹獾、剛獵捕到山羌的黃喉貂們、住在山屋旁的黃鼠狼、在步道上行走的水鹿們、蹦蹦羊、專心覓食不知我在看他的野豬們、與山羌媽媽一起散步的山羌寶寶、獼猴、熊鷹、鸛鷓、不知名貓頭鷹與其他可愛的動、植物等，讓我的野外調查充滿驚奇。

這段期間非常感謝許多人的指導與支持，讓我能順利完成學業。由衷感謝指導教授吳海音老師與王穎老師的教導與鼓勵，除了學術研究上的指導之外，也教導我做人處世的態度與方法。感謝李玲玲老師與美秀對論文的指正。感謝美秀帶領我進入野生動物研究的世界。感謝林淵源大哥教導我野生動物的習性與痕跡，帶領我到大分山區的每一處調查，並讓我認識布農族的歷史與文化。也感謝玉山國家公園管理處於經費上與人力上的支持。謝謝玉管處保育課蘇志峰課長、吳萬昌先生、楊舜行先生與國家公園學會吳小姐、曾小姐於行政事務上的協助，及謝謝南安管理站許英文主任、林淵源先生、顏文博先生、金利智先生、邱創椿先生、黃金進先生、高忠義先生、蘇印惠小姐、景碧秀小姐與陳三妹小姐，在我們上山前與下山後的接送與住宿方面的協助，讓研究順利完成。同時也感謝健達營造公司協助野外研究物資的運補與調查時於野外的協助。感謝賴金德夫婦、賴志節夫婦與高阿章先生，你們的熱情與幫助就像一杯熱茶一樣，溫暖了我。

感謝吉元、俊宏、蕙吟、秀敏、佳雲、昆民、青峰、志融、嘉毅、政翰、政忠、財哥、小 P、婉琪、君泰等人協助我於野外收集資料，除此之外，還常常要幫我背許多糧食與裝備，一起同甘共苦。

謝謝東華的眾同學們：小 P、毓琪、瑞筠、正偉、志融、宇軒、勝偉、小魔、彤竹、財哥、阿德、小顧、紅鳩、子欣、逸華、皇奇、俊宏，還有小花、小嘴、二元與小烏，陪我度過東華快樂的、緊張的、煩悶的與普通的日子。謝謝師大野動室的怡君學姊、佳琪、陳順其學長、祁偉廉先生、志仁、正彥、佳淳，當我在台北實驗室時的協助。謝謝台北市立動物園楊翕雯學姐，當我沮喪時對我的多次鼓勵，也謝謝研究員楊健仁先生與獸醫組組長金仕謙先生的協助。感謝 Dr. David L. Garshelis 與 Dr. Michael R. Vaughan 讓我有機會觀摩美洲黑熊的研究。謝謝 Mr. Brady James Dayton 與 Mr. Blake Henke 不厭其煩得回答我關於人造衛星追蹤

的細節。另也特別感謝堂哥-煜鈞-的協助，讓我能順利藉由 e-mail 與 Mr. Brady James Dayton 溝通人造衛星追蹤資料細節。感謝姜博仁學長惠賜報告。感謝佑生基金會對我的肯定，當我從董事長手中接下獎學金時，仍然感動得幾乎掉下淚來（之前上課報告時也曾如此）。

最後，我要特別感謝我的家人—爸爸、媽媽、阿婆與姑姑—容忍我的決定，還要常常擔心在山上的我，也要謝謝舅舅、弟弟與堂哥們的關心。我也感謝吉元在我旁邊。

摘要

本研究於 2001 年 1 月至 2003 年 5 月間，以無線電追蹤研究玉山國家公園東部園區台灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)的活動範圍與活動模式，於步道、小徑上收集其活動痕跡及排遺，利用自動相機輔助記錄黑熊的蹤跡及調查研究區內台灣黑熊潛在哺乳類食物來源之相對豐度，並初步探討無線電與人造衛星追蹤於台灣山區中使用的效益與準確度。調查期間利用無線電地面追蹤 8 隻台灣黑熊，其中 2 成年公熊有較完整的活動範圍與活動模式資料，兩個體的活動範圍各為 10 平方公里 (n=15) 與 8.8 平方公里 (n=13)，且有重疊的現象。其全日活動模式皆為日行性。台灣黑熊排遺分析 (n=210) 發現，黑熊的食物大部分為植物莖葉與果實，而種類會隨各季環境中可提供的資源而有不同。研究觀察發現除了青剛櫟結果量之外，人為活動可能也會影響黑熊秋冬季的活動。2002 年 9 月至 2003 年 2 月在研究區內人造林、闊葉林 1、闊葉林 2、松櫟林與杉櫟林五種植被類型中利用自動相機調查黑熊的分布，在相機有效工作時數 14218.4 個小時中得到有效照片 772 張，其中黑熊的記錄有 22 筆，出現於闊葉林 2、松櫟林與杉櫟林中。自動相機資料也應用於分析台灣黑熊潛在哺乳類食物來源之分布，其中台灣山羌與台灣長鬃山羊在 5 種植被類型中皆有出現，其出現頻度於五種植被類型中無顯著差異，台灣水鹿於五種植被類型中之出現頻度有顯著差異。無線電追蹤之測試結果顯示，台灣山區中影響無線電追蹤收訊的最大因素為追蹤器與測者之相對位置，成功收訊比率與誤差角度的分布皆以相對坡面最佳，背向坡面最差。以相對坡面測站而言，稜線測站與坡面測站對坡面設點的角度誤差最小。追蹤器之角度誤差分布以溪谷設點最大，稜線次之，坡面最小。定位所得平均角度誤差很大($44.0^{\circ} \pm 47.9^{\circ}$)，其原因可能為地形造成的影響。Argos 人造衛星追蹤測試資料結果顯示地形影響定位點 LC 值為 1-3 與所有定位點數之比例，其中平地設點

與稜線設點高於坡面與溪谷設點；PTT 追蹤器的設定海拔高度與實際位置海拔高度差會影響距離誤差。GPS 人造衛星追蹤測試之定位率為 73% ，山區設點平均誤差(184±263m)大於平地測站平均誤差(51±9m)。地形與樹冠遮蔽度似乎對定位率沒有影響。比較三種追蹤方式於台灣山區之使用效益，地形對 VHF 無線電地面追蹤與 Argos 人造衛星追蹤的影響較大，較有可能造成取樣的偏差；GPS 人造衛星追蹤之距離距離誤差遠小於 VHF 無線電地面追蹤與 Argos 人造衛星追蹤。三種追蹤方式中，GPS 人造衛星追蹤是比較適宜應用於台灣黑熊的棲地使用，而其他兩者的誤差雖然較大，但小於台灣黑熊的可能移動距離，或可應用於了解台灣黑熊的移動或活動範圍。

關鍵字：台灣黑熊、無線電追蹤、食性、人造衛星追蹤

Abstract

I studied the home range, activity pattern and food habits of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus formosanus*) and the relative abundance of their prey base from January 2001 to May 2003 in Yushan National Park, Taiwan. I also tested the performance of VHF and satellite radiotelemetry systems in the mountainous area of Taiwan. The radio-tracking data of 2 male adult bears between January and September 2001 showed that their home ranges were 10 (n=15) and 8.8 km² (n=13), respectively, with an overlapping area at Walami. The activity pattern of the 2 bears was mainly diurnal in spring and summer. Scat analysis(n=210) showed that bears' diet changed seasonally and forbs and fruits were the predominant food items. The movement of bears was affected by acorn production in fall and winter, and probably by human activity as well. I used infrared-triggered cameras to assess the occurrence of bears and the relative abundance of their prey base (muntjac, serow, sambar and wild boar) in 5 vegetation types from September 2002 to February 2003. In 14218.4 camera hours, bears were recorded in 3 vegetation types for 22 times. Muntjacs and serows were found in all vegetation types, while wild boars and sambars were recorded in 4 and 3 types, respectively. There was significant difference in the relative abundance of sambars among 5 vegetation types. The performance of VHF radiotelemetry was mostly affected by the relative positions of transmitters and receivers. Deviations between the true and the estimated directional bearings were large($44.0^{\circ} \pm 47.9^{\circ}$), which were affected by the rugged terrain. The test result of Argos satellite radiotelemetry showed that topography and the accuracy of altitude setting of the PTT would affect the location quality. The GPS location fix rate was 73%. The location errors were larger in the mountainous area($184 \pm 263\text{m}$) than those in flat terrain($51 \pm 9\text{m}$).

Topography and canopy cover did not affect the GPS location fix rate. Comparing the performance of the 3 radio-tracking systems in the study area, I suggest that GPS satellite tracking can be applied to habitat study of Formosan black bears, while VHF and Argos radiotelemetry are more suitable for movement tracking and home range study.

Keywords: Asiatic black bear, radio-tracking, food habit, satellite telemetry.

目錄

1. 前言	1
2. 研究地區	4
3. 材料與方法	6
3.1 活動範圍.....	7
3.2 活動模式.....	8
3.3 排遺分析與覓食痕跡.....	9
3.4 其他活動痕跡.....	10
3.5 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度.....	11
3.6 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度.....	12
4. 結果	15
4.1 活動範圍.....	15
4.2 活動模式.....	17
4.3 排遺分析與覓食痕跡.....	18
4.4 其他活動痕跡.....	20
4.5 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度.....	22
4.6 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度.....	23
5. 討論	26
5.1 活動範圍.....	26
5.2 活動模式.....	27
5.3 排遺分析、覓食痕跡與其他活動痕跡.....	28
5.4 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度.....	31
5.5 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度.....	31
6. 引用文獻	37

圖表目錄

圖目錄

圖 一.	研究區地圖.....	42
圖 二.	佳心氣象站於 1999-2002 年之各月平均溫度與累積雨量	43
圖 三.	本研究自動照相機設點與人造衛星追蹤器設點、無線電追蹤器設點、無線電追蹤測試之測站的位置圖	44
圖 四.	2001 年 1 月至 2002 年 1 月及 2002 年 7 月以 VHF 無線電追蹤所紀錄到 11 號熊之定位點、活動範圍及可能活動區域	45
圖 五.	2001 年 1 月至 2002 年 1 月以 VHF 無線電追蹤所紀錄到 13 號熊的定位點及活動範圍	46
圖 六.	2001 年 1 月至 2002 年 1 月以 VHF 無線電追蹤所紀錄到 7、8、9、10 及 14 號熊的可能活動區域圖	47
圖 七.	2001 年 2 月至 7 月以無線電追蹤所得 11 號熊之全日活動模式.....	48
圖 八.	2001 年 1 月至 7 月以無線電追蹤所得 13 號熊之全日活動模式.....	49
圖 九.	2001 年 2 月至 7 月以無線電追蹤所得 11 號熊於春、夏兩季之全日活動模式	50
圖 十.	2001 年 1 月至 7 月以無線電追蹤所得 13 號熊於春、夏兩季之全日活動模式	51
圖 十一.	2001 年 1 月至 7 月以無線電追蹤所得 11 號與 13 號熊於春、夏兩季之日活動比例.....	52
圖 十二.	2001 年 11 月於大分地區測試四個無線電追蹤器之定位點與實際座標之偏離程度.....	53

表目錄

表 一.	2002 年 9 月至 2003 年 2 月於研究區之五種植被環境中設置自動相機的設點數、累積工作時數及對各植被類型的描述.....	54
表 二.	Argos 人造衛星追蹤 LC 值(Location Class)表	55
表 三.	2001 年 11 月於大分地區進行無線電追蹤測試之測站的相關資料.....	56
表 四.	2002 年 1 月及 6 月至 11 月間於研究區進行人造衛星追蹤測試之設點的相關資料.....	57
表 五.	2001 年 1 月至 2002 年 8 月間於玉山國家公園對 8 隻台灣黑熊標放個體無線電追蹤結果總覽.....	58
表 六.	2001 年 1 月至 2003 年 5 月於研究區收集到之台灣黑熊排遺中各月出現的食物種類、相對體積比(%)與出現頻度.....	59
表 七.	2001 與 2002 年秋冬季各月於大分地區記錄到黑熊取食殼斗科植物之痕跡數.....	60
表 八.	2001 年 1 月至 2003 年 5 月於研究區所發現台灣黑熊取食植物性食物之種類及發現月份.....	60
表 九.	2002 年 9 月至 2003 年 2 月於研究區設置自動相機所得各類動物的有效資料數.....	61
表 十.	2002 年 9 月至 2003 年 2 月於研究區以自動相機記錄到台灣黑熊潛在哺乳類食物來源在五種植被類型的出現紀錄.....	62
表 十一.	2002 年 9 月至 2003 年 2 月於研究區以自動相機記錄到台灣黑熊潛在哺乳類食物來源於五種植被類型的獸徑設點的出現頻度.....	62
表 十二.	2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試所得之角度誤差.....	63
表 十三.	2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試於兩相對地形測站所得之角度誤差之平均值及標準差.....	64
表 十四.	2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試所得之距離誤差的平均值與標準差.....	64

表 十五.	2002 年 1 月及 6 至 11 月間於花蓮縣平地 (S2) 及玉山國家公園山區 (S1、S3-S10) 測試 Argos 人造衛星追蹤各設點所得各 LC 值定位點數的累進百分比.....	65
表 十六.	2002 年 1 月及 6 至 11 月於花蓮縣平地(S2)及玉山國家公園山區(S1、S3-S10) 測試 Argos 人造衛星追蹤各設點所得不同 LC 值定位點與實際設點間之距離誤差.....	66
表 十七.	2002 年 1 月及 6 至 11 月於花蓮縣平地(S2)及玉山國家公園山區(S1、S3-S10) 測試 GPS 人造衛星追蹤所得各設點之定位率與距離誤差 ..	67

附錄

附錄 一.	2001 年至 2002 年於玉山國家公園以無線電追蹤與人造衛星追蹤之台灣黑熊個體形質資料.....	68
附錄 二.	2001 年 11 月於大分地區測試無線電追蹤之追蹤器設點位置.....	69
附錄 三.	2001 年 1 月至 2003 年 5 月於研究區內記錄到台灣黑熊休息處的相關資料.....	70

1. 前言

台灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)屬食肉目熊科黑熊屬，為亞洲黑熊的亞種，只分布於台灣本島，且為台灣本島中唯一之熊科動物。台灣黑熊目前受到棲地破碎化、棲地面積縮小與人為獵捕的壓迫，數量逐漸減少(Wang, 1990)，而被列為華盛頓公約(CITES, the Convention of International Trade in Endangered Species)附錄一之物種，禁止對其進行任何的貿易買賣，也於1996年被國際自然資源保育聯盟(IUCN, the International Union for Conservation of Nature)歸於瀕危物種紅皮書(Red list of threatened species)中“易危”(Vulnerable)等級之物種。但目前我們對台灣黑熊野外的族群現況、分布與相關生態方面的知識有限，因此，無法對野生台灣黑熊的族群與其存續所需要的棲地進行有效的保育對策(IUCN, 1999)。

雖然在中國大陸與日本有對野生亞洲黑熊的族群與生態進行研究(Nozaki *et al.*, 1983; Hazumi and Maruyama, 1986; Schaller *et al.*, 1989; Reid *et al.*, 1991)，但對分布於台灣之亞種—台灣黑熊—的相關生態研究卻闕如。早期曾有堀川安市(1932)記錄台灣黑熊為雜食性的動物，分布於台灣全島海拔100至2000公尺的森林地區，此後與台灣黑熊相關之野外調查報告多得自於訪談資料，描述台灣黑熊於台灣本島的分布、出現的棲地類型與其被狩獵的情況(王穎，1986、1988；王穎及林文昌，1987；王穎等，1989；王冠邦，1990)。直到最近，才有黃美秀等藉由記錄黑熊的食痕、分析黑熊排遺與訪談當地資深獵人了解黑熊的食性，並利用無線電追蹤與人造衛星追蹤在玉山國家公園研究台灣黑熊的活動範圍與活動模式(王穎與黃美秀，1999、2000; Hwang, 2003)。

動物的活動範圍可視為動物進行日常活動，如覓食、休息、繁殖、育幼等所需要的空間(Powell *et al.*, 1997)；活動模式指的是動物一天中用於進食、行走、

休息等活動的時間分配。活動範圍會受到個體性別、生殖狀況、所需資源分布情況與棲地品質等因素的影響(Garshelis and Pelton, 1981; Servheen, 1983; Powell *et al.*, 1997; Dahle and Swenson, 2003; Koehler and Pierce, 2003; Lyons *et al.*, 2003; McLoughlin *et al.*, 2003)，動物的移動模式也會受到人類活動的影響(Gibeau *et al.*, 2002)，而活動模式被認為是動物對一日或一年中時序上的適應(Cloudsley-Thompson, 1968)，但也會受到個體的年齡、性別、社群活動(social reaction)、食物資源、氣溫、天候與人為活動等因素影響(Amstrup and Beecham, 1976; Garshelis and Pelton, 1980; Ayres *et al.*, 1986; Larivière *et al.*, 1994)。Hwang(2003) 利用無線電追蹤與人造衛星追蹤了解台灣黑熊的活動範圍與全日活動模式，發現活動於玉山國家公園園區內之台灣黑熊活動範圍為 27-202 平方公里，而此估計值可能受到追蹤方式的影響甚大；台灣黑熊的活動模式於春夏季為日行性，秋冬季時，於日夜的活動機率皆大。由於台灣黑熊族群量少，活動範圍大，且活動區域多位於人煙罕至的山區，研究人員只能利用山區步道到達可能有黑熊分布的地區進行調查，且收集到的資料十分有限，因此需要長期持續的研究，才能較深入了解其生態習性。

自 1999 年起，玉山國家公園開始支持在其園區內的黑熊研究，先後完成「玉山國家公園台灣黑熊之生態與人熊關係之研究(一)」(王穎與黃美秀, 1999)與「玉山國家公園台灣黑熊之生態與人熊關係之研究(二)」(王穎與黃美秀, 2000)。本研究接續前人的研究，自 2001 年開始，利用無線電及人造衛星追蹤監測 Hwang (2003)於 2000 年 10-11 月標放之台灣黑熊的個體，以持續記錄其活動模式與活動範圍。

台灣黑熊研究為少數在台灣山區中使用無線電追蹤技術的研究之一，且為台灣山區中首度使用人造衛星追蹤的研究(Hwang, 2003)。無線電與人造衛星追蹤在不同環境中定位率與準確度不一的狀況，會導致研究者在不同環境中取樣不均或估計有效範圍的不一致(Saltz, 1994)。Keating *et al.*(1991)對 Argos 人造衛星追蹤

測試發現，不同地形中所得品質較佳之定位點(LC=1-3)比例不同；D'Eon *et al.* (2002)對 GPS 人造衛星追蹤測試發現，當樹冠層覆蓋度較高時，地形因素對定位率的影響也就較大；Dussault *et al.*(1999)測試 GPS 人造衛星追蹤發現樹高會影響定位率。台灣山區地形陡峭，且中低海拔山區的植被類型多為濃密的闊葉林或針闊混生林，不同的地形或樹冠層覆蓋度可能會影響無線電與人造衛星追蹤的效益，了解無線電追蹤與人造衛星追蹤在台灣山區中的效益與準確度，可以讓後續研究者了解其限制，並正確評估其研究結果。

Hwang(2003)指出台灣黑熊的食性隨季節而不同，春季主要以植物莖葉為主，夏季以漿果為主，秋季與初冬則以堅果為主，且秋季黑熊取食的種類會隨殼斗科植物結果量而變化。此外，她也發現台灣黑熊排遺中哺乳動物出現的比例較其他地區的亞洲黑熊高，且其中以台灣山羌 (*Muntiacus reevesi*) 與台灣長鬃山羊 (*Maemorhedus swinhoei*) 最多，顯示其他中大型哺乳動物也是台灣黑熊主要的食物來源。Hwang (2003) 也比較排遺分析與食痕記錄兩種研究方法，發現分析黑熊的排遺可精確得知其食性季節性變化，但對食痕的找尋及觀察卻能得到有關黑熊行為方面的資訊。因此本研究接續 Hwang (2003)，分析黑熊排遺、記錄黑熊食痕與其他活動痕跡，並利用自動照相機調查研究區內台灣黑熊的分布與其潛在哺乳類食物來源在不同植被類型中之相對豐富度，以增加我們現今對台灣黑熊野外習性及其潛在食物資源的了解。

對於台灣黑熊的活動模式、移動、活動痕跡之分布、食性等相關基礎生態資料的累積，及對台灣黑熊潛在食物來源的哺乳動物相對豐富度調查，可以幫助我們對台灣黑熊生物學及生態學的了解。除了對台灣黑熊相關習性與生態的研究之外，本研究也初步探討無線電與人造衛星追蹤於台灣山區中使用的效益與準確度，以便有效策劃後續相關的研究，及提供相關保育措施之參考。

2. 研究地區

研究區位於花蓮縣卓溪鄉拉庫拉庫溪流流域南岸，屬於玉山國家公園境內(圖一)。玉山國家公園的面積約為 11 萬公頃，海拔 2000 公尺以上的區域約佔園區面積的七成(內政部，1985)，屬高山型國家公園。由 1999-2002 年佳心氣象站的資料顯示，研究區年平均雨量 1745 公釐，年均溫 18.5°C，最高溫為 7 月，月均溫為 23.0°C，最低溫為 1 月，月均溫為 13.5°C(圖二)。本區氣候屬於夏雨型，雨量集中於夏季，但雨量隨每年度颱風的數量有極大的變化；冬季雨量較少，但無乾旱缺水現象(郭城孟與張和明，2003)。拉庫拉庫溪北岸的八通關清朝古道與南岸的日據越嶺道橫貫此區，而本研究即利用山風步道口至大分間 40 公里長的八通關日據越嶺道步行進入山區調查。步道之海拔高度於山風步道口最低(海拔高約 300 公尺)，往西緩緩上升至多美麗地區(海拔高約 1750 公尺)，爬升至稜線頂(海拔高約 2000 公尺)，之後再下降至海拔高約 1320 公尺的大分地區。過去曾有布農族人散居於此區內，自日據時代起陸續被遷至國家公園邊界附近的平地村落，光復後林務局於部分區域伐木造林，但自從 1985 年成立國家公園之後便無伐木造林的活動。近年來，常有遊客於瓦拉米地區進行健行活動，國家公園管理處也八通關日據越嶺道沿線進行棧橋、吊橋與山屋的建造工程：2001 的工程包括整建 9 號吊橋與興建大分山屋與抱崖山屋；2002 年整建 10 號吊橋與瓦拉米山屋。

藉由林務局的土地利用形圖與研究者現場觀察結果，可將本區的植被環境主要區分為人造林與天然林，而小面積之次生林、台灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)林、草生地與裸露地鑲嵌其中。造林地主要為杉類造林地與松類造林地兩種：杉類造林地分布於步道口至多土滾(距步道口約 18.5 公里)之坡度較緩的步道上下約 250 公尺範圍內，海拔範圍從 500 到 1500 公尺，主要造林的樹種有台灣杉(*Taiwania Cryptomeriodes*)、柳杉(*Cryptomeria japonica*)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、廣東油桐(*Aleurites Montana*)、光桐(*Aleurites fordii hemsl*)、楓香

(*Liquidambar formosanan Hance*)及台灣欒(*Zelkova serrata*)等(郭城孟與張和明, 2003), 其中間雜著颱風等因素造成的林隙, 樹冠覆蓋度約為 75% , 樹高約 20 公尺, 林下密生耐陰植物如冷清草(*Elatostema lineolatum*)或蕨類; 松類造林地則分布於大分地區, 現今當地林相主要由高約 10-15 公尺的台灣二葉松與高約 8 公尺的青剛欒(*Cyclobalanopsis glauca*)所組成, 灌木與地被植物稀疏, 樹冠覆蓋度約為 85% 。

本區天然林分布於多土滾至大分間區域, 海拔 1800 公尺以下的地區主要由假長葉楠(*Machilus japonica*)、香楠(*Machilus zuihoensis*)、長葉木薑子(*Litsea acuminata*)等樟科楠屬與大葉石欒(*Pasania kawakamii*)、鬼石欒(*Lithocarpus lepidocarpus*)等殼斗科植物組成, 樹冠覆蓋度大於 85% , 樹高約 20 公尺, 通常灌木層與地被層覆蓋度小, 但在較潮濕的地區, 林下密生冷清草等耐陰植物。海拔 1800-2000 公尺的區域則為天然針闊葉混生林, 主要以台灣杉、台灣黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana*)與赤柯(*Quercus morii*)組成的針闊葉混生林, 樹冠覆蓋度約為 85% , 第一層樹冠層主要包括台灣杉與台灣黃杉, 樹高超過 50 公尺; 第二層以赤柯、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)、烏心石(*Michelia compressa*)與大頭茶(*Gordonia axillaries*)為優勢, 樹高約 20-25 公尺。

小面積的次生林多由台灣五葉松(*Pinus morrisonicola*)、台灣赤楊(*Alnus formosana*)、台灣肉桂(*Cinnamomum insulari-montanum*)、尖葉槭(*Acer kawakamii*)與山櫻花(*Prunus campanulata*)等陽性樹種所組成, 樹冠覆蓋度低於 70% 。台灣二葉松林多生長於陡峭、向陽的稜線或坡面上, 樹冠覆蓋度低; 草生地多為高約 1-2 公尺的五節芒(*Miscanthus floridulus*)所組成; 裸露地則為小面積的崩塌地或裸岩。

3. 材料與方法

本研究於 2001 年 1 月至 2003 年 5 月間進行，主要工作可分為三部份：(I) 無線電追蹤及活動模式是於 2001 年 1 月至 2002 年 1 月間，除 5 月外，每月進入研究區一次，利用無線電追蹤 8 隻標放黑熊個體。另於 2002 年 7-8 月至研究區內嘗試將一個 GPS 追蹤器(繫放於 10 號熊身上)尋回，順道追蹤其他 7 隻個體的訊號；(II)黑熊的排遺及活動痕跡之收集於 2001 年 1 月至 2003 年 2 月及 5 月期間，並於 2002 年 9 月至 2003 年 2 月間利用自動相機輔助記錄黑熊的蹤跡，並調查研究區內中大型哺乳類動物的相對豐富度，以了解本區黑熊之潛在食物來源；(III)無線電追蹤與人造衛星追蹤之測試分別於 2001 年 11 月及 2002 年 1 月、6-11 月進行。本研究中季節的劃分是參考 Hwang(2003)將一年劃分為四季：春季為 3-5 月，夏季為 6-8 月，秋季為 9-11 月，冬季為 12 月至隔年 2 月。

本研究所追蹤的 8 隻台灣黑熊(1 隻雌性，7 號；7 隻雄性，8-14 號)，是於 1999-2000 年「玉山國家公園台灣黑熊之生態學與人熊關係之研究(二)」的計劃中捕捉標放(王穎與黃美秀，2000)。8 隻黑熊都是成體，除了 8 號熊是在 2000 年 8 月於多美麗地區捕捉，其他 7 隻個體都是於 1999 年與 2000 年 11-12 月在大分捕捉到。此 8 隻熊身上分別佩戴有 2 個 PTT(Platform Transmitter Terminals)人造衛星追蹤器(North Star Science and Technology, Baltimore, MD, USA)、1 個 GPS(Global Positioning System)人造衛星追蹤器(Telebilt International AB, Lindesberg, Sweden)、1 個 GPS-PTT 人造衛星追蹤器 (North Star Science and Technology, Baltimore, MD, USA) 及 4 個 VHF 追蹤器(164-166MHz, Advanced Telemetry System, Isanti, MN, USA)，所有人造衛星追蹤器也都含有 VHF 追蹤器(164-166MHz)(附錄一)。

3.1 活動範圍

2001 年 1 月至 2002 年 1 月每個月進行一次無線電追蹤，但 2001 年 5 月因故未能進行，研究者利用 TR-2 接收器(Telonics, Inc. , Mesa, Arizona, USA)與手持式 H 型天線步行追蹤 8 隻黑熊，在步道上已定位之固定地點搜尋訊號之有無，一旦找到任何一個體的訊號後，便就地紮營，監測該個體的活動範圍與活動模式。

調查期間利用白天進行三角定位以判斷動物所在位置，所採方式為兩個人同時於不同測站對動物進行定位，以其交點作為動物當時的位置(White and Garrott, 1990)。每次定位時紀錄測站的座標、定出角度的時間、天氣狀況、動物活動的狀況與角度大小，並以 GPS(GPS12XL, Garmin Corp., Taipei, Taiwan)判定測站之二度分帶座標。每次定位後兩名定位員以無線電對講機聯絡定位結果，並利用 1/10000 地圖判定所得定位點是否合理。若無法得到交角或判定的位置與訊號的收訊狀況不符合，則設法重新定位。

Schmutz and White(1990)建議對移動中動物進行三角定位的時間必須一致，否則定位點不是動物當時真正的活動位置，因此，在本研究中，若兩定位員定出角度的時間間隔超過 10 分鐘，則不列入分析。定位時盡量於地勢較高、空曠的地方進行，並以耳機輔助，以便將訊號的接收範圍減到最小，以最強訊號的來源作為判定角度的依據。但由於操作時所能辨識最強訊號的來源多是某一接收範圍，因此以訊號大小一致之範圍的中點定出方位(Springer, 1979)，並以兩測站所得方位(減去磁偏角)之交點作為定位點，若兩測站所得方位交角在 45-135 度之外，則該筆資料捨棄不用。

台灣的地形曲折，嚴重影響 VHF 訊號的接收，但有時可藉由訊號傳來的方向與鄰近地形在地圖上判斷動物可能活動區域。這樣的資料雖無法判定動物確切

的活動位置，卻仍可判定出可能的區域，對不易進行追蹤的地區，具有相當的參考價值，因此研究者也將可能活動區域的資料標示出來，但不列入活動範圍估算。

對動物活動範圍的估計，以無線電追蹤所得定位點，利用最小多邊形法 (Minimum convex polygon) 估算之。

3.2 活動模式

本研究利用標示個體配戴 VHF 追蹤器內的感應器，來協助對動物活動狀態的判定。動物活動時頭部與頸部角度的改變會啟動 VHF 追蹤器內的感應器，使追蹤器發出訊號之速度不同於動物休息時的訊號，讓研究者可依此判斷動物的活動情形。

本研究所使用的追蹤器在動物沒有活動的狀況下，每分鐘發出 67-68 次的穩定訊號；當動物頭頸部的角度改變時，追蹤器每分鐘發出的訊號會多於 68 次，訊號的速度也會隨著動物活動之劇烈與否而改變。因此，參考 Garshelis *et al.* (1982) 與 Palomares and Delibes (1991) 的方式，以訊號的兩種狀態判斷動物的活動狀態，(1) 若追蹤器的訊號為一分鐘 67-68 次，且訊號的聲音大小穩定，則判定為休息狀態；(2) 若追蹤器的訊號為一分鐘多於 77 次，且訊號的聲音大小有明顯的改變，則判定為活動狀態；(3) 若追蹤器的訊號為一分鐘 69-76 次，且無法判斷訊號的聲音大小是否有明顯的改變，則視無法判斷活動狀態，並將此筆資料刪去。

活動模式的監測方法為每半小時於固定時間監聽連續 3 分鐘以上的訊號，每一分鐘會依照前述標準判定個體活動或不活動。若三分鐘的訊號皆判定為活動，就將此半小時判定為活動狀態；若前三分鐘無法順利收到訊號或無法判斷，則繼續監聽，直到判斷出活動狀態為止。每個月份設法對追蹤到的個體收集 3 個以上連續 24 小時(48 筆)的全日活動模式資料，但一天中偶爾會因為地形的阻擋或黑

熊移動快速，而有部分時段收不到追蹤器的訊號，因此選取 24 小時中有 40 筆以上的資料進行全日活動模式與日活動比例的分析。

全日活動模式的資料分析是綜合數日的資料，將一天分為 48 個半小時，逐一計算每半小時被判為活動之資料筆數在對此半小時之取樣次數中所佔比例，並將一天的 24 小時區分成不同時段：日間時段為早上七點至下午五點，夜間時段為下午七點至隔天凌晨五點，黎明與傍晚時段分別為早上五點至七點與下午五點至七點。

日活動比例則是以一日為單位，將一日中判定為活動的資料筆數除以此日所有資料筆數，即為日活動比例。選取較多天資料之春與夏季，比較兩季之日活動比例差異。

3.3 排遺分析與覓食痕跡

排遺分析

研究期間除了使用無線電追蹤黑熊之外，亦對黑熊排遺進行內含物分析，以了解其食性。由於台灣黑熊的消化能力較差，其排遺內含物的碎片很容易用肉眼判別，因此，先利用肉眼判斷排遺的內含物與各內含物所佔的體積比率。若有無法判斷的狀況，則視當時調查行程長短，考慮將排遺利用太陽曬乾，或直接放入密封塑膠袋中，並於帶回實驗室之後放至 -20°C 的冷凍庫中保存。在實驗室分析曬乾或冰凍的排遺時，先以溫水泡軟，再用篩網篩出內含物進行辨識。同時也於研究區採集動植物標本，以作為辨識時的參考依據。研究期間也在山屋附近發現一些黑熊的排遺，其內含物為米粒等人為食物，類似此種排遺，皆不列入分析。

進行排遺分析時，先檢視排遺樣本中內含物的種類，將之區分為植物類與動

物類兩大類。植物類食物可再分為“莖-葉”、“果實-種子”兩類營養成分差異較大的部分，動物類食物則以其中黑熊無法消化的毛、骨或昆蟲的外骨骼等成分，分為哺乳動物與昆蟲兩類。而後將排遺中各類內含物攤平，依各類內含物攤平的面積大小判斷其所佔的體積比率。有些排遺內含物以植物為主，其中僅參雜幾根動物的毛，對此將動物性內含物的相對體積判定為 0.01%，這樣的判定可能會低估肉食動物吃動物性食物的體積多寡。

資料分析時利用各排遺樣本中內含物的種類及其體積比率的資料，計算每種內含物在各月所有排遺中的出現頻度(frequency occurrence)及相對體積比率。

覓食痕跡

研究期間對研究區進行黑熊活動痕跡的調查與記錄，每次進入山區時，以八通關日據越嶺古道之山風至大分段與大分地區小徑為固定路線，搜尋記錄黑熊覓食痕跡，有時亦於進行無線電追蹤時，在固定調查路徑外地區搜尋記錄黑熊覓食痕跡。痕跡類型包括排遺、黑熊吃食植物性、動物性與人類食物所留下痕跡。排遺的記錄是以一堆排遺為一筆資料。黑熊吃植物性食物時會留下許多爪痕、折枝痕與排遺，為避免重複記錄，研究者將半徑 5 公尺範圍內的爪痕、地上的折枝痕跡或排遺合併為一筆紀錄。對痕跡出現的地點以 GPS(GPS12XL, Garmin Corp., Taipei, Taiwan)判定其二度分帶座標並記錄之。

3.4 其他活動痕跡

調查期間除了找尋黑熊的覓食痕跡外，亦記錄黑熊其他的活動痕跡，包括目擊、休息處、腳印等，並於 2002 年 9 月至 2003 年 2 月設置自動照相機以了解黑熊出現的訊息。休息處是指黑熊休息的痕跡，由於台灣水鹿也可能會在地上休息而形成大型動物的休息痕跡，為了避免誤判，以休息處是否發現黑熊的毛作為判

斷的依據。由於此部份的資料過少，因此僅敘述痕跡的狀況。

3.5 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度

2002年9月至2003年2月，研究者利用14台自動相機，設置於固定調查路線沿線32個地點(圖三)，調查研究區內之中大型哺乳動物，以了解黑熊潛在哺乳類食物之分布與相對豐富度。自動照相機內含遠紅外光感應器，可感應環境中的溫度變化，感應器如果感應到環境中溫度的變化，便驅動照相機拍照。研究者選取人造林、闊葉林1、闊葉林2、杉櫟林、松櫟林五種植被類型設置自動相機(表一)，其中29個設點位於獸徑，僅3個設點設於闊葉林2、杉櫟林中動物腳印密集的泥灘地。受限於自動照相機的設計原理，必須將之設置於樹冠層下，而無法在樹冠層遮蔽度小的次生林、草地與裸露地設置。在同一植被類型類型中設點間的距離至少100公尺，以減少照到同一個體的機會。

資料分析時，選取累積工作時數超過120小時的底片分析其照片資料。如果連續拍到之照片(拍攝時間間隔不到10分鐘)中的動物種類相同，且無法由外觀上區別是否為同一個體時，視為一筆資料，若照片中個體不只一隻，則分別計數。對於群居性的台灣獼猴，以群次為單位。

Hwang(2003)與本研究發現台灣黑熊有吃食台灣山羌、台灣長鬃山羊與台灣野豬的紀錄，Hwang(2003)的訪談紀錄指出黑熊也可能會取食台灣水鹿，因此，選取此四種哺乳動物為台灣黑熊潛在動物性食物來源，計算四種動物於獸徑設點被照到頻度，以分析各類動物在不同植被類型或季節中相對豐富度的差異。各種動物的相對數量以其在相機每100個工作小時中平均被照到的隻次表之。以Kruskal-Wallis test 檢測各植被類型中動物於秋冬兩季的出現頻度，結果無顯著差異，故將兩季資料合併，再以Kruskal-Wallis test 檢測台灣黑熊潛在哺乳類食物

來源於不同植被類型中分布的差異。

3.6 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度

無線電追蹤與人造衛星追蹤之原理

傳統 VHF 無線電追蹤是利用 VHF (Very high frequency) 無線電波來傳輸訊號，研究者藉由接收野生動物身上的 VHF 追蹤器發出的訊號，了解動物的活動狀態、活動位置等。

人造衛星追蹤主要利用 Argos 與 GPS 人造衛星追蹤兩種。Argos 人造衛星追蹤利用野生動物身上佩戴之 PTT 追蹤器追蹤動物的位置或活動狀態，PTT 追蹤器會於固定間隔時間(約一分鐘)發射出 401.650MHz 的電磁波。當 Argos 人造衛星接收到 PTT 的電磁波後，利用都卜勒效應(Doppler effect)計算出追蹤器所在的座標，並依據接收到訊號的頻率、時間與追蹤器預設的海拔高度，計算出追蹤器的座標位置，再將資料傳送至 Argos 地面接收站。Argos 定位點資料除了定位日期、時間與估計座標外，也附有一個 LC 值，讓研究者參考定位點的準確度，LC 值是利用每次人造衛星接收到追蹤器訊號的時間分布狀況、接收到的訊號數與追蹤器傳送的訊號穩定度決定該估計座標的誤差範圍。LC 值共分為 7 個等級，即 3、2、1、0、A、B、Z (表二)，其中 LC=1-3 的誤差估計小於 1 公里，LC=0 時的誤差大於 1 公里，而 LC=A、B 是無法估計其誤差值，LC=Z 則是無效的定位點。

GPS 人造衛星追蹤系統藉由動物佩戴頸圈中之 GPS 追蹤器測定動物位置，GPS 追蹤器會定期接收天空中的人造衛星訊號，在 GPS 追蹤器可接收範圍內，利用三個以上的 GPS 人造衛星傳來電磁波訊號的時間、人造衛星之位置及其與追蹤器的距離，來計算 GPS 追蹤器所在的經緯度座標。追蹤器會將定位點資料

儲存於其記憶體中，研究者可以藉由特定之接收器在設定時間內，於適當距離內將資料儲存至接收器中，或將追蹤器取回，以將儲存之定位點資料輸出(即 GPS Stored-On-Board 追蹤器)，但也有 GPS 追蹤器包含 PTT 追蹤器(GPS-PTT 追蹤器)，可藉由 Argos 人造衛星將 GPS 定位資料傳送到 Argos 地面接收站，以便研究者使用(Rodgers, 2001)。

無線電追蹤測試

2001 年 11 月利用 4 個 VHF 追蹤器在大分地區進行無線電追蹤測試，4 個追蹤器皆與追蹤黑熊所用同型。研究者將 4 個 VHF 無線電追蹤器放置於同一坡面的 4 個設點(C1~C4)(圖三)，並於 19 個測站進行三角定位，設點與 19 個測站所在位置分別為稜線、坡面與溪谷三種(附錄二)，而兩者間的相對位置可分為同向坡面、相對坡面與背向坡面(表三)。所有測試的步驟與所使用的接收器材皆與追蹤黑熊時一樣，在定點接收訊號時，先利用手持天線接收 360 度的範圍，以訊號最強方向的角度減去磁偏角為定位的方位角。

對無線電追蹤之誤差的分析，分為角度誤差及距離誤差兩部分來探討。在角度誤差的分析上，以所測到的角度減去測站到追蹤器實際的方位角作為角度誤差；對距離誤差的分析是比較有效定位點與追蹤器設點座標之差。有效定位點是指兩測站測得之方位角交角在 45-135 度間所定出的定位點。以 Kruskal-Wallis test 檢測不同追蹤器所得距離誤差的差異。

人造衛星追蹤測試

2002 年 1 月及 6 至 11 月間，使用一個 GPS-PTT 人造衛星追蹤器進行人造衛星追蹤測試。此追蹤器內含有 PTT 追蹤器、GPS 追蹤器與 VHF 追蹤器，其中 PTT 追蹤器之海拔設定為 1500 公尺高。為了減少電池的損耗，PTT 追蹤器在開啟 8 小時傳輸訊號之後，會關閉 22 小時。GPS 追蹤器則是每 12 小時 12 分開啟

5 分鐘嘗試定位，其定位資料是經由 Argos 人造衛星系統傳輸至地面接收站，Argos 公司每個月會將存有 Argos 與 GPS 定位點資料的磁片寄給研究者，之後再由 North Star 公司協助將 GPS 定位點資料解碼，轉換成定位時間與經緯度座標。

研究者將一個 GPS-PTT 人造衛星追蹤器放置於 10 個地點(表四)，其中 1 個設點是位於花蓮縣吉安鄉的平地，9 個山區設點則於山風步道口至大分步道附近(圖三)。設點 5 公尺以內範圍的樹冠層覆蓋度可分為 0%、40-60%、>85%，設點地形分為平地、稜線、坡面與溪谷，山區設點幾乎都曾發現過黑熊的痕跡。追蹤器固定於高約 1 公尺的木杆上，同時記錄測試開始與結束的日期與時間，以手持式 GPS(GPS12XL, Garmin Corp., Taipei, Taiwan)估計設點座標 5 個，求其平均，並使用 1/25000 地圖判斷設點的海拔高度。

研究者利用 Arcview 3.2 與 GPS Pathfinder 2.7 將所收到定位點之經緯度座標轉換成 TWD1967 二度分帶座標系統，以進行資料的分析。

Argos 定位點資料分析：單位時段定位數為實際收到之定位點數除以設點設置期間應有定位時段數，應有定位時段數是以 30 個小時(8 小時開啟傳輸訊號之後關機 22 小時)為單位計算，算出各設點設置期間有多少個定位時段；距離誤差為各設點各 LC 值的估計座標與設點座標之差。以 Kruskal-Wallis test 檢測 LC 值分別為 3、2、1 時，不同地形與覆蓋度測站之距離誤差是否有差異。

GPS 定位點資料分析：GPS 定位點無 2D 與 3D 的準確度估計參考值，因此分析時將所有估計的座標一併計算。定位率為各設點實際收到的定位點數除以應有定位點數；距離誤差為各設點的定位點座標與設點座標之差。以 Kruskal-Wallis test 檢測不同地形與覆蓋度測站之距離誤差是否有差異。

4. 結果

4.1 活動範圍

調查期間利用無線電追蹤 8 隻台灣黑熊，共追蹤到 7 隻黑熊的訊號，其中 11 號熊及 13 號熊分別有 15、13 個有效定位點，其他 5 隻黑熊雖然有收到訊號，但除了在大分地區回收 7 號熊的追蹤器之外，皆無法得到有效的定位點(表五)。8 隻黑熊中有 4 隻佩戴人造衛星追蹤器，其中 7 號與 8 號的人造衛星追蹤定位點由 Hwang(2003)分析，而對另外兩隻的人造衛星追蹤定位皆告失敗，9 號可能因追蹤器故障，導致追蹤器無法估計定位點或人造衛星無法將定位點傳回；10 號的 GPS 人造衛星追蹤器記錄的定位點資料，須藉由特定之接收器讀取，但研究期間未能取回追蹤器或就近下載其資料。

對 11 號熊的無線電追蹤結果發現，2001 年 1 月中旬，他已經離開 2000 年 11 月的捕捉地大分，活動於抱崖地區。由於抱崖地區地勢較陡，訊號接收不易，無法得到有效的定位點，但考慮當地地形與附近接收訊號的狀況，判斷 11 號熊活動於抱崖旁的伊霍爾溪谷。2 月時，11 號熊移到黃麻河流域，之後的 3 至 7 月間皆活動於此地區，而 8 月時則已移到儒潤稜線的西北側。9 月時無法以三角定位測得 11 號熊的定位點，但由收訊結果推測該個體活動於土沙多稜線附近。10 月之後至隔年 1 月間皆無法追蹤到其訊號，直到 2002 年 7 月時才又在黃麻河流域收到訊號。以所有定位點(n=15)算得 11 號熊的活動範圍為 10 平方公里(圖四)。

13 號熊於 2001 年 1 月中活動於多土滾區段的拉庫拉庫溪兩側區域，但由於當時無法定位，因此不確定其確切活動位置。2 及 3 月時，13 號熊的定位點位於佳心一帶的拉庫拉庫溪兩岸，4 月活動於瓦拉米西側，6 及 7 月則活動於黃麻溪下游附近，8 及 9 月活動於多土滾北邊，之後便失去其蹤跡。以其所有定位點(n=13)

所算出的活動範圍為 8.8 平方公里(圖五)。11 號與 13 號熊的活動範圍有重疊的現象，重疊的區域位於瓦拉米地區，於 2001 年 7 月時兩個體定位點距離很近。

7 號熊的訊號是於 2001 年 8 月初於大分收到，訊號由東南方傳來，8 月底再於大分收到，訊號的方向來自西北方，但一分鐘的脈動次數卻介於正常休息狀態與死亡狀態間(死亡狀態，mortality mode，指追蹤器內之活動感應器已經超過 14 天未感應到動物頭頸部角度的改變，因此將每分鐘的訊號脈動次數下降至某固定程度之狀態)，2002 年 1 月時，於大分地區收回追蹤器(圖六)。當時頸圈上少了 1 個螺絲，其他部分並沒有損壞，因此推測可能是由於螺絲鬆脫，導致頸圈從動物身上脫落。

此追蹤器的掉落地點位於捕捉到 7 號熊處旁約 100 公尺之高密芒草地中，芒草的高度約 2 公尺高，其中有數條約 1 公尺高相互交錯的獸徑，在追蹤器掉落處附近也發現黑熊用芒草作成的休息處，但痕跡不新，應是一個月或更久之前留下的。

調查期間只短暫接收到 8 號熊、9 號熊、10 號熊與 14 號熊的訊號，收到訊號的地點離其捕捉地直線距離各約 24、12、2 與 7 公里遠(圖六)。8 號熊的訊號曾於 2001 年 1 月在楠梓仙溪林道接收到，訊號指向林道西邊，其 Argos 人造衛星定位點也位於同樣的區域(Hwang, 2003)。

2001 年 4 月曾於黃麻溪接收到 9 號熊的訊號，但訊號只持續接收了半小時就消失，方向為南邊，由訊號方向與地形研判此個體當時可能位於大里仙山的稜線附近。

10 號熊的訊號於 2001 年 11 月至 2002 年 1 月間持續在大分地區接收到，訊號的脈動程度與設定不同，但訊號傳來的方位始終沒有改變，因此推測此追蹤器可能已經脫落。2002 年 7-8 月再度進入大分地區找尋追蹤器，並企圖下載其中

GPS 人造衛星追蹤器的資料，但追蹤器可能位於溪谷中，無法取得有效定位點也就無法取回其中的 GPS 定位資料；亦可能追蹤器的電池電力不足，無法將定位點資料傳輸至追蹤器中的記憶體內；或由於追蹤器故障，無法定位，因此沒有資料可以下載。

14 號熊於 8 月初在公山附近的米亞桑河流域活動，8 月底至 9 月中活動於多土滾西北邊山區，最後是在 2001 年 11 月活動於大分東北方，因此可以判斷他於 8 及 9 月間活動於米亞桑河流域，11 月曾移至大分地區活動。

4.2 活動模式

自 2001 年 1 月至 2002 年 1 月間以無線電追蹤 8 隻台灣黑熊，但僅在 2001 年 1 月至 2001 年 7 月對 11 號與 13 號兩隻公熊之活動狀況的記錄較完整，可進行活動模式的分析。在此期間對 2 隻黑熊分別記錄到 691 筆及 840 筆有效資料，佔全部應有紀錄筆數的 96% 以上，其中 11 號熊與 13 號熊分別有 15 與 18 天全日的完整資料(每日超過 40 筆)，可用以分析日活動比例。

兩隻公熊的全日活動模式皆以日間的活動程度較高，夜間則是以 13 號熊的活動程度較明顯(圖七及圖八)。11 號熊春季的活動機率於 9 點時大幅上升，夏季則在黎明時活動機率就大幅增加，兩季日間的活動機率皆高，但春季較夏季低，兩季於傍晚過後的活動機率皆大幅下降，夜間的活動機率皆低(圖九)。13 號個體於春夏兩季的活動機率皆於黎明時段中大幅上升，兩季日間的活動機率皆大，春季傍晚的活動機率沒有大幅下降的趨勢，夏季傍晚的活動機率則有大幅下降的趨勢，春季夜間的活動機率較夏季大，且約 0 時才有下降的趨勢，夏季夜間的活動機率皆低(圖十)。

11 號熊之平均每日的活動比例為 $48.1 \pm 9.9\%$ ，13 號熊則為 $54.8 \pm 9.4\%$ 。以季節來看，11 號熊春季的日活動比例較夏季低，13 號熊則相反，兩個體夏季的日

活動比例相當，皆接近 50% (圖十一)。

4.3 排遺分析與覓食痕跡

排遺分析

研究期間共收集了 210 堆台灣黑熊排遺，其中 90% 的排遺只包含一個種類，兩種與三種種類的各佔 3.8% 與 4.3% ，其餘四、五、六種項目的不到 1% 。

由排遺分析，黑熊的食物來源大部分是植物類的莖葉與果實，隨各季環境中可提供的資源不同(表六)。多數排遺是於秋冬季收集到，相對體積比與出現頻度以殼斗科果實為主，10 月的 19 堆排遺皆是於 2002 收集到，其內含物皆只包括鬼石櫟果實；11 月與 12 月黑熊排遺內含物中，青剛櫟果實的出現頻度與相對體積比皆最高。1 月總共收集到 51 堆排遺，其內含物皆包含青剛櫟果實，且其相對體積比佔 98% ；2 月總共收集到 6 堆排遺，其中 2001 年收集到的 3 堆以草本莖葉為主，另 3 堆收集於 2003 年，內含物以青剛櫟果實為主。

春季收集到 25 堆排遺，內含物種類主要為植物莖葉與山櫻花果實，3 月只收集到一堆排遺，內含物大部分為草本莖葉與少量的昆蟲殘骸；4 月收集到 5 堆排遺，以台灣山羌的出現頻度最多，4 堆排遺皆有出現，但相對體積比佔最多的是青剛櫟的莖葉(38%)，次多為草本植物的莖葉(28.2%)，台灣山羌與台灣長鬃山羊次之，各佔約 15% ；5 月共收集到 19 堆排遺，皆於 2003 年收集到，出現頻度以山櫻花果實最多，其相對體積比也最多 (93.16%)。

夏季只收集到 2 堆排遺：6 月收集到一堆排遺，內含物只有玉山箭竹莖葉；8 月收集到一堆排遺，其中包含無法辨識之果實種子與鞘翅目。

由所收集到的黑熊排遺內含物來看，5、6、7、10 月沒有發現動物類食物，其他各月都有發現，以 4 月與 8 月之動物類食物的出現頻度與相對體積比較多。

出現頻度最高的種類為台灣山羌，多達 11 筆。

覓食痕跡

研究期間總共收集到 121 筆黑熊覓食痕跡，其中吃動物類食物與人為食物的痕跡各有 3 與 2 筆；吃植物性食物的痕跡總共有 116 筆。取食植物性食物的痕跡紀錄中，單獨發現排遺的痕跡有 65 筆，單獨發現樹上的黑熊爪痕與折枝痕有 17 筆，有 34 筆為同時發現黑熊排遺與爪痕、折枝痕的記錄。

由 2001 與 2002 年秋冬季的痕跡記錄發現台灣黑熊於大分地區取食殼斗科果實的時間為 11 月至隔年 2 月(表七)。2001 年秋冬季只於 11 月記錄到 1 筆黑熊取食殼斗科果實的紀錄，12 月也只發現 1 筆黑熊取食殼斗科果實的紀錄，隔年 1 月則記錄到 31 筆。2002 年 10 月底調查期間並未於大分地區發現黑熊取食殼斗科果實的痕跡，至 11 月底調查時才發現 15 筆黑熊取食青剛櫟果的紀錄，之後分別於 12 月、隔年 1 月與 2 月發現 27、11 與 3 筆痕跡紀錄。

收集到黑熊吃植物性食物的痕跡皆為黑熊爬樹覓食所留下的爪痕與折枝痕，許多覓食處也發現黑熊的排遺。研究期間所見到黑熊爪痕及折枝痕的樹種有 9 種(表八)，其中在台灣赤楊、狹葉櫟與無法辨識之殼斗科植物上所見為舊痕跡，這些痕跡是在距離大分山屋約 1-2 天路程的公山附近發現的，而在其他 6 種樹上所見覓食痕跡皆為一個月內的新痕跡。

研究期間發現 3 筆黑熊取食動物性食物的痕跡，包括黑熊吃食蜂窩、台灣山羌與台灣野豬所留下的殘骸。2001 年 3 月在海拔高約 600 公尺處的佳心附近發現黑熊取食蜂窩的痕跡，推測黑熊是將樹根下的蜂窩挖出來吃掉的，估計黑熊挖的深度至少 30 公分，樹根前方的鬆土上有黑熊的腳印，另遺留有小塊蜂巢構造與些許蜂的殘骸。2001 年 6 月在多美麗附近發現黑熊吃山羌的痕跡，發現時山羌只剩下被黑熊咬碎後的骨頭與少許的毛皮，但無法判斷黑熊是捕食山羌或僅是

取食山羌屍體。2001年7月在大分南邊的闊闊斯地區，於一棵傾斜生長的青剛櫟樹上發現被黑熊吃食剩下的野豬殘骸，殘骸離地約1公尺高。

發現台灣黑熊取食人類食物的痕跡見於2001年2與3月，兩筆紀錄皆在瓦拉米山屋。黑熊在2月時進入瓦拉米山屋，山屋的木質門窗與地板被破壞，山屋附近也發現一些被黑熊取食人類食物與包裝的殘骸。3月時在瓦拉米山屋發現遊客留下的瓦斯罐、沙拉油罐上有黑熊咬痕，山屋廣場地板上也留有兩排黑熊的腳印。

4.4 其他活動痕跡

其他活動痕跡包括目擊、休息處、腳印與自動相機調查結果等，分述如下：

目擊

在調查期間總共目擊台灣黑熊5次(6隻個體)：2001年7月21日於瓦拉米南邊約4公里的步道上目擊到1隻個體；2002年10月21日在大分對面的山坡上目擊2隻個體；2002年11月28日在大分地區目擊到3次黑熊(每次各1隻個體)。5次目擊經驗中有1次因為距離很遠，黑熊沒有發現研究者，另3次目擊經驗中都是黑熊先發現研究者的存在，在走避時發出聲響或移動而被研究者發現，只有1次是研究者與黑熊在近距離內相遇。當時黑熊在附近樹叢旁發出吼叫聲，之後2次往前向研究者衝過來一小段距離，在同行之巡山員對之大聲吼叫後，黑熊才告走避。其後於附近發現一個黑熊的休息處，推測可能是該個體的休息處，而這隻熊是在約10公尺的近距離內受到驚擾，才會做出威嚇的動作。

休息處

研究期間共記錄到19筆黑熊休息處的資料，其中有4個是位於步道上發現的，15個則是發現於非固定調查路線，其中大多位於稜線上(附錄三)。

以材質來分，有 15 個休息處是用芒草構成的一個碗狀結構，形狀近似橢圓形，其中 1 個休息處長約 94 公分，寬約 68 公分，27 公分深，其他 13 個休息處之大小與前述相似。2002 年 7 月 1 日發現到的 3 個休息處中，有 2 個休息處相連在一起，大的休息處大小與前述相當，推測可能是母熊與小熊同時利用。有 1 個休息處是以藤蔓與樹葉為材質，圍成一橢圓形的範圍，長約 80 公分，寬約 30 公分，深度約 15 公分，位於步道內側，休息處緊鄰石壁，頗為乾燥，可以避免雨水淋濕，在休息處旁發現 4 堆排遺；另有 1 個休息處只利用附近的樹葉圍成一個橢圓形的區域，大小類似上述，但上方只有樹木可以供遮蔽，也在休息處旁邊發現幾堆排遺；有兩個休息處是於大分地區的陡坡上發現的，以紅毛杜鵑與二葉松的枝條與葉子組成的，皆位於陡坡上的二葉松樹下，旁邊並未發現排遺。

腳印

研究期間總僅於 2002 及 2003 年的 5-6 月間記錄到 6 筆黑熊腳印。由於研究地區地面多為碎石地，或有落葉掉落於地面上，或於地表生長地被植物，因此動物不容易留下腳印，只有在溪谷的沙質地上、或稍微積水的泥地上才比較有可能留下清晰、可辨識的動物腳印。記錄到的腳印有 4 處是在泥沙地上，另有兩筆是在多美麗附近的步道上記錄到。該步道上累積一層很厚的松針，步道內側有一段清楚的橢圓形凹陷，約與人的腳印同大，腳印長約 22 公分，寬 15 公分，深度約 8 公分，腳印與腳印間間隔約 6 公分。

自動照相機調查

2002 年 9 月至 2003 年 2 月在研究區五種植被類型共 32 個設點架設自動相機，相機工作有效時數總共為 14218.4 個小時。在回收之 47 捲底片中，共得到有效照片 772 張，其中記錄到台灣黑熊 22 次，每次一隻。9 月於杉櫟林中的泥灘設點記錄 1 筆；10 月於大分地區松櫟林的獸徑設點記錄到 1 筆；11 月各於闊

葉林 2 與大分地區松櫟林中的獸徑設點記錄到 1 與 10 筆；12 月於大分地區松櫟林的獸徑設點記錄到 9 筆。以獸徑設點的資料分析黑熊出現頻度，其於闊葉林 2 與松櫟林中之出現頻度各為 0.14 ± 0.32 與 0.78 ± 1.74 。

以記錄到的時間來看，在 10 至 12 月於大分地區拍攝到黑熊的 20 次紀錄中，有 8 次在日間(7:00-17:00)，4 次在傍晚(17:00-19:00)，8 次在夜間(19:00-5:00)。其他 2 次於大分以外地區紀錄到黑熊的時間皆為白天時段。

被照到黑熊中有 3 個體曾被標誌過，其中一隻的右耳有橘色耳標，頸部配有追蹤器；一隻右耳有綠色耳標，但其頸部並無追蹤器；第三隻沒有耳標，但頸部卻有追蹤器。由於不只一隻個體的右耳具有此兩種顏色的耳標，因此無法藉此辨認個體(黃美秀，私人通訊)。

4.5 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度

自動相機記錄到之有效資料包括 13 種哺乳動物與 8 種鳥類(表九)，其中，筆數最多的是台灣山羌，佔 37.4%，其次為台灣獼猴(11.3%)，第三則為台灣水鹿(10.6%)。在各類動物中，台灣山羌、台灣長鬃山羊、台灣水鹿與台灣野豬為黑熊可能捕食的對象，以下僅就這四種動物在不同植被環境中的出現情形加以分析。

台灣山羌及台灣長鬃山羊於五種植被類型中皆有出現；台灣水鹿則在闊葉林 2、杉櫟林與松櫟林被記錄到；台灣野豬在人造林、闊葉林 1、闊葉林 2 與松櫟林中有記錄到(表十)。

比較相同植被類型類型的泥灘與獸徑設點，闊葉林 2 中兩種設點皆照到山羌、水鹿與野豬，但只有獸徑設點照到山羊(表十)；杉櫟林中兩種設點則只有照

到水鹿，其中水鹿出現於闊葉林 2 中之兩泥灘設點的頻率頗高，各為 0.65 與 2.65；杉櫟林中照到水鹿的頻率 2.21。

就四種偶蹄目動物於不同植被類型之獸徑設點中被照到情形而言(表十一)，台灣山羌與台灣長鬃山羊在各棲地中皆有出現，其出現頻度皆無顯著差異。台灣水鹿在 5 種植被類型中的頻度有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $H=23.64$, $p<0.01$)，台灣野豬略有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $H=8.35$, $p=0.08$)，其中水鹿於松櫟林中出現頻度高於山羌(表十一)。

4.6 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度

無線電追蹤測試

與 VHF 追蹤器處於不同相對位置之測站的收訊測試結果顯示，成功收訊比率與誤差角度的分布皆以相對坡面最佳，背向坡面最差。位於 4 個追蹤器(C1~C4)設點相對坡面之 7 個測站都收到訊號，而背向坡 6 個測站只收到一筆資料，且其角度偏差相當大。在可收訊的狀況下，比較同樣相對位置但不同地形之測站與追蹤器設點地形間的關係，發現以相對坡面之測站而言，稜線測站與坡面測站對坡面設點的角度誤差最小，唯一之溪谷測站對 4 個設於不同地形之追蹤器的角度誤差皆小；以同向坡測站而言，唯一之稜線測站僅測到 2 個追蹤器的方位角(各為坡面與稜線設點)，但所測得角度誤差小，而坡面與溪谷測站所得之角度誤差皆大(表十二)。

比較不同追蹤器之角度誤差分布，C2 的誤差角度在 20 度之內的資料比例最多(表十二)。四個追蹤器的誤差角度平均為 44.0 ± 47.9 度，其中相對坡面測站之誤差角度平均為 20.3 ± 18.4 度，同向坡面測站之誤差角度平均為 77.6 ± 56.7 度，四個追蹤器中也以 C2 的角度誤差最小(表十三)。

以距離誤差來看，整體的平均距離誤差為 1048 ± 531 公尺，其中以 C2 最小，為 857 ± 554 公尺，C4 最大，為 1223 ± 549 公尺(表十四)。四個追蹤器所得到距離誤差無顯著差異(Kruskal-Wallis test, $H=5.88, p=0.11$)，四個追蹤器之定位點皆有向東方偏離的趨勢(圖十二)。

Argos 人造衛星追蹤測試

研究期間總共收到 212 筆資料(LC=3-Z)，以第一筆定位點的時間與最後一筆定位點的時間估計，總共接收的時間為 162 天。

各設點的單位時段定位數為 0.7-2.6 個，其中平地設點 S2 為 2.6 個，山區設點中，稜線設點的單位時段定位點數為 1.6 與 2.1 個，坡面設點為 0.7-1.5 個，溪谷設點為 1 與 2.6 個。若就準確度較佳之 LC 值=1-3 的資料來看，各設點 LC 值=1-3 之定位點比例皆不到 50%。以設點地形來看，LC=1-3 之定位點比例在平地設點為 35%，兩個稜線設點分別為 7% 與 38%，5 個坡面設點為 0-40%，其中有 3 個設點在 LC=1-3 時並無任何定位點，2 個溪谷設點之比率則各為 0 及 31%。以山區設點的樹冠層覆蓋度相較，樹冠層覆蓋度為 0 時，3 個設點的比率為 0-38%，其中 2 個設點的比率為 0，樹冠層覆蓋度為 40-60% 時，4 個設點的比率為 0-31%，其中有 1 個設點的比率為 0，樹冠層覆蓋度大於 85% 時，2 個設點的比率各為 0、40% (表十五)。

比較距離誤差的結果，除 LC=B 外，平地設點的誤差值大於山區設點的誤差值。山區設點中，LC=2 時的誤差最小，為 565 ± 723 公尺；LC=3 時的誤差次小，為 828 ± 1226 公尺；LC=1 時的誤差超過 1 公里，為 1600 ± 1980 公尺(表十六)。檢視資料發現 S10 設點於各 LC 值的誤差較其他山區設點大，去除此設點資料之後，發現 LC=3 時為 511 ± 335 公尺；LC=2 時為 372 ± 214 公尺；LC=1 時則為 1106 ± 1048 公尺。比較山區設點中不同地形與覆蓋度對距離誤差的影響，不同地形的

距離誤差皆無顯著差異(Kruskal-Wallis test, LC=1:H=3.05, $p=0.21$; LC=2:H=1.28, $p=0.52$; LC=3 :H=1.26, $p=0.53$)。LC=2 與 3 時，不同覆蓋度(0;40-60)的距離誤差無顯著差異(Kruskal-Wallis test, LC=2:H=0.53, $p=0.46$; LC=3 :H=0, $P=1.00$); LC=1 時，不同覆蓋度(0%; 40-60%; >85%)的距離誤差則略有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $H=5.52$, $p=0.06$)。

GPS 人造衛星追蹤測試

GPS 人造衛星追蹤器之放置時間為 2002 年 1 月與 6-11 月，但收到資料顯示 2002/10/23 之後就沒有定位點，推測應是 GPS 定位部分之電池電力不足造成，在 10 個測站中，S9 只得到 1 個定位點，S10 無任何定位點，其他 8 個測站共得到 115 個定位點，定位率 73%，其中以 S5 的定位率最高，為 89.3%；S3 次之，為 88.2% (表十七)。

各測站的距離誤差平均在 51 ± 9 至 2770 ± 2305 公尺，其中 S7 測站的誤差範圍遠超過其他測站，檢視資料之後發現 S7 於 2002/10/7-10/15 的距離距離誤差突然增加許多，將這些資料刪去之後，誤差平均降至 19 ± 8 公尺。剔除 S7 的偏差定位點之後，山區設點整體的平均誤差為 184 ± 263 公尺，但仍大於平地測站的誤差平均值(51 ± 9 公尺)(表十七)。比較山區各設點的距離誤差，稜線設點的誤差最小，坡面設點次之，溪谷設點最大，三種地形的距離誤差有顯著差異($H=17.38$, $p<0.01$)；以不同樹冠層遮蔽度相較，樹冠層遮蔽度少的測站誤差較小，三種樹冠層遮蔽度不同的距離誤差有顯著差異($H=14.61$, $p<0.01$)。

5. 討論

5.1 活動範圍

11 與 13 號熊於 2001 年 2-8 月的活動範圍大小與 Hwang(2003)利用無線電追蹤 5 號熊的春夏活動範圍相似。Hwang(2003)比較無線電追蹤與 PTT 人造衛星追蹤的結果，認為地形可能阻擋無線電訊號，使地面追蹤的有效範圍大幅減小，因而低估黑熊的活動範圍。本研究也面臨同樣的問題。山稜溪流交錯的地形使追蹤器訊號的接收範圍減小，茂密的森林與陡峭的地貌使研究人員無法到達，或增加研究人員追蹤的困難，一旦追蹤的個體移動至稜線的另一側，研究者有極大的可能收不到訊號，因此，所測得的定位點多位於步道兩側的山稜間。

由研究結果發現，11 號與 13 號熊的活動範圍有重疊的現象，重疊的區域位於瓦拉米地區。個體活動範圍相重疊的現象，亦見於美洲黑熊(*Ursus americanus*)(Garshelis and Pelton, 1981; Horner and Powell, 1990; Smith and Pelton, 1990; Wooding and Hardisky, 1994)。Garshelis and Pelton(1981)發現雄性美洲黑熊秋季的活動範圍有高度重疊的現象，重疊區域的植被組成黑熊當季主要取食的殼斗科森林；而其所追蹤的兩隻雌性黑熊在春夏季的活動範圍也有重疊的現象，此兩隻黑熊可能為母女，但彼此間會相互迴避。Horner and Powell(1990)也發現美洲黑熊的活動範圍有重疊的現象，而重疊的區域常包括不同個體的核心區域，但個體間沒有互相迴避的情形，且夏季活動範圍的重疊度最高，可能是由於夏季黑熊主食—漿果—呈區塊分布所致。雖然本研究的樣本數過少，無法進一步了解所觀察到活動範圍重疊的現象，但由於 11 與 13 號黑熊活動範圍重疊的時間為 7 月，且其重疊區在海拔 400-1000 公尺高的天然闊葉林，當地可能有黑熊夏季取食的楠屬植物(Hwang, 2003)，因此造成活動範圍的重疊。

除了同年度所追蹤到的黑熊活動範圍有重疊外，發現 2001 年 2 至 8 月間 11 號與 13 號熊的活動範圍分別與 Hwang(2003)於 1999 年追蹤的 2 號與 5 號熊的春夏季活動範圍相重疊。由於 2 號與 5 號熊的追蹤器已於本研究開始之前脫落，且未重複捕捉到該兩個體，因此無法得知此兩個體 2001 年是否會與 11 號與 13 號熊有交互作用。

本次研究也嘗試使用 GPS-PTT 人造衛星追蹤器(9 號熊)與 GPS 人造衛星追蹤器(10 號熊)了解黑熊的活動範圍，但皆無法得到定位點。研究初期曾於黃麻溪短暫收到 9 號熊的 VHF 訊號，訊號的聲音大小變化與脈動激烈，符合判定為活動狀態的標準，但數分鐘後即消失。此追蹤器的定位點原本應可藉由 Argos 人造衛星傳回至研究者手中，但卻始終未收到任何資料，推測可能是追蹤器故障，以致於無法定位或無法傳回定位點資料。

研究期間曾接收到 10 號熊的 VHF 訊號，並嘗試回收追蹤器及下載儲存於 10 號熊追蹤器中的定位點，但可能因頸圈中的電池耗盡而無法將資料傳出，且頸圈可能掉落在溪谷山凹，無法以無線電追蹤將頸圈找回；或追蹤器本身故障，無法定位，也就沒有資料可以傳回。Merrill *et al.*(1998)曾利用 11 個 GPS 人造衛星追蹤器研究狼(*Canis lupus*)與白尾鹿(*Odocoileus virginianus*)，其中有 3 個追蹤器故障無法估計定位點。Johnson *et al.*(2002)的研究中也曾發生 GPS 人造衛星追蹤器故障而無法估計定位點，或無法傳出定位點資料。

5.2 活動模式

11 與 13 號熊於 1-7 月的全日活動模式皆偏向日行性，日間的活動機率很高，傍晚有下降的趨勢，夜間的活動機率較日間低許多，而黎明才又增加，此結果與 Hwang(2003)於非穀斗科季節所追蹤到黑熊的活動模式一致，也與 Reid *et al.*(1991)研究分布於中國大陸四川地區的亞洲黑熊全日活動模式相似。

11 號熊春夏季與 13 號熊夏季的全日活動模式結果與 Hwang(2003) 結果相似，但 13 號熊春季的全日活動模式卻呈現不同的趨勢。13 號熊春季於傍晚的活動機率並沒有下降，且夜間的活動機率仍高。本研究中所追蹤的兩隻個體皆為雄性成體，且春季並非亞洲黑熊的繁殖季節，而追蹤當時的天候晴朗，並無異常的大雨或颱風，故其活動受天候影響的可能性不大。然而，曾於春季追蹤 13 號熊期間，有入山活動者表示於夜間看到一隻繫有頸圈的黑熊在吃被陷阱捕捉到的山羌，所描述目擊黑熊的位置正符合當時 13 號熊訊號傳來的方位。如果目擊的個體確為 13 號熊，則其當時的活動模式可能受其覓食行為的影響。尤其是在春季食物來源缺乏時，若黑熊發現高品質食物如山羌等哺乳動物，便可能會增加其進食活動的時間，因此提高夜間時段的活動機率。

5.3 排遺分析、覓食痕跡與其他活動痕跡

由於台灣黑熊的數量少，活動範圍大，在山區找尋其排遺或覓食痕跡不易。再加上動物排遺在台灣森林中的分解速度快，使排遺的收集更為困難。但在本研究區中，秋冬季青剛櫟結果量多時，黑熊會聚集於大分地區大量取食青剛櫟果實，因此秋冬季時於大分所發現黑熊覓食痕跡的數量遠超過其他兩季，且黑熊在此處留下的排遺中也是以青剛櫟果為主。

相較於研究區中其他殼斗科植物，大分地區的青剛櫟樹木密度較聚集，因此可能使青剛櫟授粉成功的機率較大，而較容易結果，再加上青剛櫟通常生於向陽、演替較早期的坡地，樹木通常比較矮，這些因素可能有利黑熊取食。本區其他殼斗科樹木如鬼石櫟、銳葉櫟、短尾柯等，分布較散或樹木較高，可能較不利黑熊的使用。由此也可以發現大分青剛櫟果實於冬季提供台灣黑熊一個非常重要的食物來源。

Hazumi and Maruyama(1986)研究日本的亞洲黑熊，發現黑熊痕跡的數量與殼

斗科結果狀況有直接關聯，黑熊痕跡多集中於結果量多的殼斗科森林中，而當殼斗科沒有結果時，則很難在殼斗科森林中發現黑熊痕跡，也無法追蹤到黑熊。本研究期間發現除殼斗科果實外，當其他種類果實大量結果時，台灣黑熊也有大量取食的情形，且也會留下如排遺、折枝痕、抓痕等很多的痕跡。例如 2001 與 2002 年的調查期間，並未在研究區內發現黑熊取食山櫻花果實的痕跡，但在 2003 年春季卻於大分與多美麗地區山櫻花結實處發現黑熊的排遺、山櫻花樹上的折枝痕與熊爪痕等，另也發現兩個休息處，其中一個旁邊有一堆新鮮的黑熊排遺，排遺的內含物以山櫻花果實為主，顯示台灣黑熊似乎會於結果量多的區域停留一段期間，直到將果實吃完才離開。

本研究結果與 Hwang(2003)的排遺分析相較，增加了青剛櫟莖葉、玉山箭竹莖葉、鬼石櫟果與山櫻花果等四種食物種類。Hwang(2003)曾紀錄到黑熊取食鬼石櫟果與山櫻花果留下的痕跡，也由訪談紀錄中得到黑熊會取食玉山箭竹莖葉的訊息，但未曾在排遺中發現這些食物項目。

本研究中所記錄到的黑熊覓食痕跡與其他地區的亞洲黑熊相似。Shaller(1977)提到亞洲黑熊常爬到樹上覓食果實，有時候會爬到 10 公尺或更高的樹上，把樹枝折斷，或將小枝條拉向自己以便取食，並在吃完樹上的果實後回到地面吃掉落的果實。而 Bromlei(1973)也觀察到亞洲黑熊在樹上覓食時，會將樹枝折成鳥巢狀構造。本研究觀察到台灣黑熊取食的樹上會留下數排的爪痕，由樹根到樹頂，有些樹高達十幾公尺，也有些僅 2 公尺高，有些樹枝並未完全折斷，仍殘留於樹上，一些樹枝則被折斷並掉落於地面上，有些掉落於地上的樹枝上仍殘留少許未成熟的果實，地上有時可發現數堆黑熊排遺，偶而樹頂有一個像鳥巢狀的構造，結構緊實，並於其內發現熊毛。由於研究者未曾目擊黑熊覓食的過程，因此僅由食痕無法得知台灣黑熊是否會吃食掉落地上的果實。

Shaller *et al.*(1989)於四川記錄到亞洲黑熊會利用箭竹作成圓形、有彈性的休

息處，在休息處旁邊也發現一些排遺，排遺的內含物則是植物莖葉(forb)，本研究也觀察到黑熊有這樣的行為，但研究者所發現的碗狀休息處，使用的材質多為芒草，此類的痕跡於 Hwang(2003)中也有發現到，另記錄到一個碗狀休息處是利用紅毛杜鵑與二葉松的枝葉，不過研究者並未在附近發現黑熊排遺。本研究也記錄到材質為藤蔓、草莖組成的休息處，所發現 2 個此類型休息處皆位於步道旁，緊靠石壁或大樹旁，休息處旁發現數堆新鮮的黑熊排遺。

Hwang(2003)指出黑熊秋冬季的移動模式會與不同種類的殼斗科結果量多寡有關。她觀察到當大分地區青剛櫟的結果量較鄰近地區狹葉櫟少時，黑熊會停留在狹葉櫟森林中覓食，並留下大量的排遺與食痕，此時在大分青剛櫟林僅有少許黑熊的活動痕跡。除受殼斗科結果量的影響外，本研究發現人為活動也會影響黑熊秋冬季的移動模式。2001 秋冬季大分地區的青剛櫟結果量較 2002 年豐富，但 2001 年 11 與 12 月在大分地區發現黑熊吃食殼斗科果實的痕跡卻很少，且沒有發現任何黑熊排遺，直到隔年 1 月才發現 30 多個黑熊的覓食青剛櫟所留下的爪痕與折枝痕與 39 個排遺。2002 年大分地區青剛櫟結果量較少，但早於 11 月就曾發現 16 個黑熊覓食青剛櫟果的痕跡，及目擊 3 隻黑熊，之後於 12 月更發現 27 個黑熊覓食青剛櫟果的痕跡，直到 2 月仍可見 3 個黑熊覓食青剛櫟果的新鮮痕跡。兩年中利用自動相機的調查結果也呈現同樣的情形(王穎與吳煜慧，2001；本研究)。Ayres *et al.*(1986)研究發現不習慣取食人類食物的黑熊會避開人類密集的地區；Gibeau *et al.*(2002)發現棕熊(*Ursus arctos*)會避開人類活動較頻繁的地區，棕熊會於人類活動程度低時使用道路旁品質較好的棲地。大分地區這兩年間黑熊活動狀況的差異可能與興建山屋的工程有關。工程進期間有二十多人在大分地區活動，加上發電機與焊接山屋鋼架所發出的巨大聲響，可能使黑熊避免到大分地區覓食活動。直到隔年一月山屋建造完成及工程人員下山後，才又見黑熊覓食青剛櫟果的痕跡。

5.4 不同植被類型中可為台灣黑熊潛在食物之哺乳類的相對豐富度

本研究中自動相機的設置地點分為泥灘與獸徑兩種，結果發現這兩種地點照到的動物種類有別，長鬃山羊在獸徑設點出現的頻度很高，但在泥灘型設點卻沒有出現，這樣的結果顯示設置自動相機地點的微棲地類型可能會影響調查結果。

此外，比較動物於 5 種植被類型的出現頻度，發現台灣山羌與長鬃山羊在 5 種植被類型中皆有出現，且出現頻度無顯著差異，顯示這兩種動物於此 5 種植被類型間並無特別偏好。然而，水鹿於松櫟林中的相對數量較山羌多，檢視詳細資料發現水鹿於其中兩設點的出現頻度非常高。據巡山員表示相機設點附近有岩鹽的分布，而會吸引水鹿前往舔食，補充礦物質，這或許是此處水鹿出沒頻繁的原因。

調查期間曾目擊兩隻黃喉貂一起獵捕一隻山羌。當時黃喉貂將山羌的腹部咬開，吃食山羌的內臟。第二天時，山羌的內臟與大部分的肉已被吃掉，而其殘骸自下腹部的開口由內往外翻開，頭部被包覆於內側。第三天時，在山羌殘骸旁目擊到一隻食蟹獾，可能也是去吃食山羌的殘骸。Murphy *et al.*(1998)曾紀錄到美洲黑熊與棕熊取食美洲獅(*Felis concolor*)獵捕到的草食獸，並認為此類現成的獵物是美洲黑熊與棕熊重要的食物來源。由本研所得台灣黑熊的食性資料，及對與台灣黑熊共域之食肉目動物的觀察，兩者間可能會有競爭食物資源或掠奪彼此獵物的情形。

5.5 無線電追蹤與人造衛星追蹤於山區之效益與準確度

無線電追蹤測試

White and Garrott(1990)建議以方位角之平均角度誤差檢測追蹤系統是否有偏差(bias)，本次測試之平均誤差角度很大，顯示追蹤所得結果有相當大的偏差。比較位於追蹤器相對坡面與同向坡面測站所測得的角度誤差，發現相對坡面測站

的平均角度誤差遠小於同向坡面測站，且追蹤器之定位點有向東方偏離的現象。檢視資料之後發現，當其中一測站與追蹤器設點處於同一面坡面時，其定位點向東偏離的程度較 2 測站都位於追蹤器設點對面坡面時大，顯示偏差可能來自於地形造成訊號的折射與反射，由於測站與追蹤器設點位於南北向的溪谷兩側，此種地形造成訊號折射與反射的現象，使測者接收到訊號的角度偏離應有的角度。

本次的角度誤差相當大的原因可能也來自於測試時的操作方法與實際野外操作時不同。本次測試時是於固定地點判斷訊號最強時的方位角，而在野外對標放個體進行三角定位時，會找到收訊最好的位置，以盡量減低訊號受到反射或繞射作用的干擾，因此本次測試的誤差可能會較實際操作時大。建議未來測試時，將測試區域或路段予以分區，於區段中搜尋訊號，選取區段範圍內訊號最好的地點進行三角定位，以便使測試方式與實際地面追蹤時一致。

由結果顯示，台灣山區中影響無線電追蹤收訊的最大因素為追蹤器與測者之相對位置，且當追蹤器位於坡面、測者位於追蹤器對面坡之坡面地形中所測得到之角度誤差是最小的。研究結果也發現當追蹤器設於稜線時，雖然可接收到其訊號的測站較多，但其角度誤差的分布卻較設於坡面的追蹤器大，推測其原因可能為稜線的發訊範圍較坡面與溪谷廣，但若收訊位置之鄰近地形使訊號折射或反射，會導致收到訊號的方位角產生很大的偏差。

Springer(1979)與 White and Garrott(1990)建議以方位角之 1.96 個角度誤差標準偏差作為誤差值的 95% 信賴區間，以兩個以上方位角的誤差值之 95% 信賴區間所交集的區域(error polygon)估計定位點的誤差範圍。本測試發現整體的角度誤差標準差為 47.9 度，其中相對坡面測站所得到角度誤差的標準差遠小於同向坡面測站，顯示山區中地面追蹤的誤差隨測站與追蹤器之相對位置而有不同，而整體標準差也會隨著相對坡面測站與同向坡面測站的多寡而變動，如果就以此結果以 error polygon 估計定位點的誤差範圍，可能會導致錯誤的結論。

雖然本測試結果顯示距離誤差約為 1 公里，但由於台灣山區的稜線與水系緊密交錯，高度落差很大，在定位點半徑一公里範圍內，可能包含被稜線阻擋而無法收訊的區域，因此在實際應用上，可能需要考慮定位點附近的地形阻擋效應。

Argos 人造衛星追蹤測試

由於研究地區大多是森林植被，無法在可及性高且無人為干擾的狀況下，選取稜線、坡面與溪谷等三種不同地形且無植被覆蓋度影響的多個設點，因此本研究中稜線、坡面與溪谷三種地形設點數不同，且各設點的樹冠層覆蓋度也不同。

本研究結果顯示平地設點與稜線設點的 LC 值為 1-3 之定位點比例高於坡面與溪谷設點。LC 值是根據每次人造衛星經過時接收到訊號的時間分布狀況、每次人造衛星經過時接收到的訊號數與 PTT 追蹤器傳送的訊號頻率穩定度所決定，而 PTT 追蹤器所在位置之地形可能影響人造衛星接收訊號的時間分布與接收到訊號數。因此，當追蹤器上空受到地形遮蔽影響時，可能會造成人造衛星接收訊號的時間分布不平均、或接收的訊號數過少，而使該設點 LC 值為 1-3 的定位點數較少。Keating *et al.*(1991)的測試也發現地形為限制定位點數多寡的因子：當 PTT 追蹤器設點位於山谷時，定位點數與人造衛星經過追蹤器上空次數之比例較設點為山頂時降低了 70% 。

PTT 追蹤器的設定海拔高度與其所在的實際海拔高度差、人造衛星經過追蹤器上空時收到的訊號數與 PTT 追蹤器震盪的穩定度為影響定位點準確度的因素。Argos 定位點的估計是根據都卜勒效應，以人造衛星接近與遠離 PTT 追蹤器時所接收到的頻率、人造衛星的速度與追蹤器所設定的海拔高度估算定位點座標 (Keating, 1995)。Keating *et al.*(1991)曾測試 10 個 PTT 追蹤器，發現定位點的誤差有隨著追蹤器所在位置與設定海拔高度差增加的趨勢。本研究中 PTT 追蹤器設定的海拔高度為 1500 公尺高，各山區設點的海拔高度與追蹤器設定高度相差

不到 500 公尺，而平地設點的海拔高度與追蹤器設定海拔高度相差了 1500 公尺，這或許是造成本研究中平地設點之定位準確度較差的主要原因。此外，S10 設點的距離誤差於 LC=1-3 時較其他山區設點大，推測可能為電池電力下降，使 PTT 追蹤器震盪的穩定度下降造成。

GPS 人造衛星追蹤測試

Moen *et al.*(1996)與 Obbard *et al.*(1998)測試 GPS 人造衛星追蹤器發現樹冠層遮蔽度會影響其定位率；Dussault *et al.*(1999)發現樹高、落葉與環境中的溫度會影響定位率，且樹高影響 2-D 與 3-D 定位點的比例，樹高較高的設點，其 3-D 定位點的比例較低。但本研究結果並未發現樹冠遮蔽度對 GPS 人造衛星追蹤定位率的影響，或許是因為對樹冠層遮蔽度的測量項目不夠細緻或樣本數太少。

本次測試的稜線設點只有一個(S7)，此設點測試期間有 9 天的資料異常，且刪除異常資料後所得之定位率很低，但測試期間並無颱風等異常的天氣變化，定位點資料中也沒有 2-D、3-D 或 HDOP 等指示訊號接收或人造衛星定位時相對位置的資訊，因此無法推測其可能造成的原因。

三種追蹤方式之比較

比較三種追蹤方式應用於台灣黑熊研究上之效益，以定位率來看在台灣山區中使用 VHF 無線電地面追蹤，當動物在步道之同向與相對坡面活動時較有可能收到訊號，並得到有效定位點，當動物翻越過稜線，活動於背向坡面時，研究人員非常有可能收不到動物的訊號，導致定位點分布於步道附近，因此，造成取樣的偏差；Argos 人造衛星追蹤的定位率受地形影響，追蹤器上空遮蔽少處之定位率較上空遮蔽多處高，因此利用 Argos 人造衛星追蹤分析資料時，需要考量不同地形造成取樣的偏差；相較之下，地形與植被對 GPS 人造衛星追蹤的定位率影響較其他兩者小。從距離誤差來看，GPS 人造衛星追蹤的距離誤差遠小於 VHF

無線電地面追蹤與 Argos 人造衛星追蹤(定位點之 LC=1-3 時)，而後兩者的距離誤差相當。但是，一些研究顯示動物活動會對 VHF 無線電追蹤定位點之距離誤差及人造衛星追蹤之定位率造成影響(White and Garrott, 1986; Schmutz and White, 1990; Keating *et al.*, 1991; Moen *et al.*, 1996; Obbard *et al.*, 1998)，由於本研究的追蹤器皆置於定點，並沒有將追蹤器繫放於台灣黑熊身上測試，因此，對於實際運用時還須考量動物活動或移動速率造成的偏差。

另從實質操作來看，VHF 無線電地面追蹤需要花費大量人力與時間，進入山區收集資料，且常常只能追蹤到單一標放個體；Argos 與 GPS 人造衛星追蹤可藉由人造衛星收集標放個體的相關資料，研究者可以藉此增加效率，但一些研究顯示人造衛星追蹤器常有故障的情形發生(Obbard *et al.*, 1998; Britten *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 2002)。最後以經濟效益來看，Hwang(2003)估算平均每個 VHF 無線電地面追蹤的定位點約需花費 160 元美金，而 Argos 人造衛星追蹤(定位點之 LC=3-A 時)則需 136 元美金，但若以 LC 值為 1-3 的定位點估算時，定位點的平均花費會更高，甚至較 VHF 無線電地面追蹤花費高；而 GPS-PTT 人造衛星追蹤器之定位點的費用計算方式等同於 Argos 人造衛星追蹤，因此應該與 PTT 人造衛星追蹤定位點的平均花費相當。

由於 GPS 人造衛星追蹤之定位點距離誤差遠小於 VHF 無線電地面追蹤與 Argos 人造衛星追蹤，因此若要了解台灣黑熊的棲地使用，GPS 人造衛星追蹤是比較適宜的研究方法，而其他兩者的誤差雖然較大，但小於台灣黑熊的可能移動距離，或可應用於了解台灣黑熊的移動或活動範圍。

由研究結果顯示，GPS-PTT 人造衛星追蹤器在台灣山區的定位率與距離誤差皆佳，因此，若研究經費允許，可以視研究目的考慮使用 GPS-PTT 人造衛星追蹤器，以增加研究效率，或以 GPS-PTT 人造衛星追蹤器與 VHF 追蹤器同時使用，以減低 GPS-PTT 人造衛星追蹤器故障的風險。但若經費拮据，而研究區可

及性較高且地形變化不大，也可考慮藉由 VHF 無線電追蹤收集資料。

6. 引用文獻

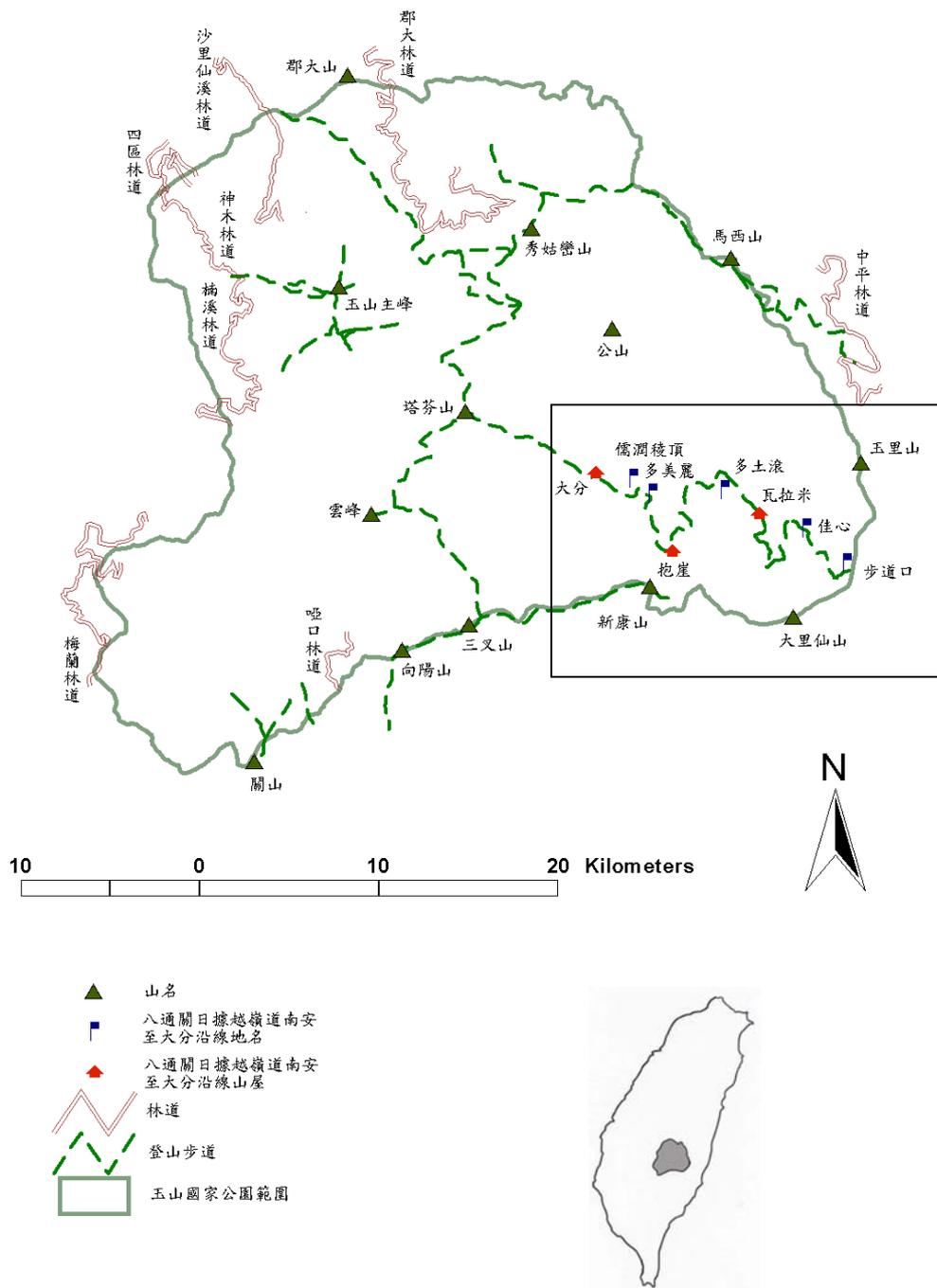
- 內政部。1985。玉山國家公園計劃。
- 王冠邦。1990。台灣黑熊之生態學研究—分布、棲地及動物園行為。國立台灣師範大學生物研究所，碩士論文。
- 王穎。1986。台灣地區山產店對野生動物資源利用的調查（I）。行政院農業委員會 75 年生態研究。
- 王穎。1988。台灣地區山產店對野生動物資源利用的調查（III）。行政院農業委員會 77 年生態研究。
- 王穎與林文昌。1987。台灣地區山產店對野生動物資源利用的調查（II），行政院農業委員會 76 年生態研究。
- 王穎、林文昌及崔翠文。1989。台灣地區山地鄉對野生動物資源利用的調查（I），行政院農業委員會 78 年生態研究，頁 49。
- 王穎與吳煜慧。2001。玉山國家公園台灣黑熊之生態及人熊關係之研究(三)。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 王穎與黃美秀。1999。玉山國家公園台灣黑熊之生態及人熊關係之研究（一）。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 王穎與黃美秀。2000。玉山國家公園台灣黑熊之生態及人熊關係之研究（二）。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 郭城孟與張和明。2003。玉山國家公園瓦拉米地區生態資源與經營管理之研究I、瓦拉米地區植物生態資源之研究。國家公園學報。13（1）：1-31。
- 崛川安市。1932。台灣哺乳動物圖說。台灣博物學會。第73,74頁。
- Amstrup, S. C. and J. Beecham 1976. Activity patterns of radio-collared black bears in Idaho. *Journal of wildlife management* 40:340-348.
- Ayres, L. A., L. S. Chow, and D. M. Graber 1986. Black bear activity patterns and human induced modifications in Sequoia national park. *International conference of bear research and management* 6:151-154.

- Britten, M. W., P. L. Kennedy, and S. Ambrose 1999. Performance and accuracy evaluation of small satellite transmitters. *Journal of wildlife management* 63:1349-1358.
- Bromlei, F. G. 1973. Bears of the south far-eastern U.S.S.R. Indian national scientific documentation center, New Delhi, India. In: Schaller G. B. 1977. *Mountain monarchs*. The university of Chicago press. Chicago and London, pp142-144.
- Cloudsley-Thompson 1968. *Rhythmic activity in animal physiology and behavior*. Academic Press. New York. USA.
- Dahle, B. and J. E. Swenson 2003. Home ranges in adult Scandinavian brown bears (*Ursus arctos*): effect of mass, sex, reproductive category, population density and habitat type. *Journal of zoology* 260:329-335.
- D'Eon, R. G., R. Serrouya, G. Smith, and C. O. Kochanny 2002. GPS radiotelemetry error and bias in mountainous terrain. *Wildlife society bulletin* 30:430-439.
- Dussault, C., R. Courtois, J. Ouellet, and J. Huot 1999. Evaluation of GPS telemetry collar performance for habitat studies in the boreal forest. *Wildlife society bulletin* 27:965-972.
- Garshelis, D. L. and M. R. Pelton 1980. Activity of black bears in the Great smoky mountains national park. *Journal of mammalogy* 61:9-19.
- Garshelis, D. L. and M. R. Pelton 1981. Movements of black bears in the Great Smoky Mountain National Park. *Journal of wildlife management* 45:912-925.
- Garshelis, D. L., H. B. Quigley, C. R. Villarrubia, and M. R. Pelton 1982. Assessment of telemetric motion sensors for studies of activity. *Canadian journal of zoology* 60: 1800-1805.
- Gibeau, M. L., A. P. Clevenger, S. Herrero, and J. Wierzchowski 2002. Grizzly bear response to human development and activities in the Bow River Watershed, Albertam Canada. *Biological conservation* 103:227-236.
- Hazumi, T. and N. Maruyama 1986. Movements and habitat use of Japanese black bears in Nikko. *International conference on bear research and management* 6:275-279.

- Horner, M. A. and R. A. Powell 1990. Internal structure of home range of black bears and analyses of home-range overlap. *Journal of mammalogy* 71:402-410.
- Hwang, M. 2003. Ecology of Asiatic black bears and people-bear interactions in yushan national park, Taiwan. Doctorial thesis.
- IUCN 1999. Bears status survey and conservation action plan. IUCN publication services unit, UK. Available at the web site: <http://www.iucn.org>
- Johnson, C. J., D. C. Heard, and K. L. Parker 2002. Expectations and realities of GPS animal location collars: results of three years in the field. *Wildlife biology* 8:153-159.
- Keating, K. A. 1995. Mitigating elevation-induced errors in satellite telemetry locations. *Journal of wildlife management* 59:801-808.
- Keating, K. A., W. G. Brewster, and C. H. Key 1991. Satellite telemetry: performance of animal-tracking systems. *Journal of wildlife management* 55:160-171.
- Koehler, G. M. and D. J. Pierce 2003. Black bear home-range sizes in Washington: Climatic, vegetative, and social influences. *Journal of mammalogy* 84:81-91.
- Larivière, S., J. Hout, and C. Samson 1994. Daily activity patterns of female black bears in a northern mixed-forest environment. *Journal of mammalogy*, 75:613-620.
- Lyons, A. L., W. L. Gaines, and C. Servheen 2003. Black bear resource selection in the northeast Cascades, Washington. *Biological conservation* 113:55-62.
- McLoughlin, P. D., H. D. Cluff, R. J. Gau, R. Mulders, R. L. Case, and F. Messier 2003. Effect of spatial differences in habitat on home ranges of grizzly bears. *ECOSCIENCE* 10:11-16.
- Merrell, S. B., L. G. Adams, M. E. Nelson, and L. D. Mech 1998. Testing releasable GPS radiocollars on wolves and white-tailed deer. *Wildlife society bulletin* 26:830-835.
- Moen, R., J. Pastor, Y. Cohen, and C. C. Schwartz 1996. Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance. *Journal of wildlife management* 60:659-668.

- Murphy, K. M., G. S. Felzien, M. G. Hornocker, and T. K. Ruth 1998. Encounter competition between bears and cougars: some ecological implications. *Ursus* 10:55-60.
- Nozaki, E., S. Azuma, T. Aoi, H. Torii, T. Ito, and K. Maeda 1983. Food habits of Japanese black bear. International conference on bear research and management 5:106-109.
- Obbard, M. E., B. A. Pond, and A. Perera 1998. Preliminary evaluation of GPS collars for analysis of habitat use and activity patterns of black bears. *Ursus* 10: 209-217.
- Palomares, F. and M. Delibes 1991. Assessing three methods to estimate daily activity patterns in radio-tracking mongooses. *Journal of wildlife management* 55: 698-700.
- Powell, R. A., J. W. Zimmerman, and D. E. Seaman 1997. Ecology and behavior of North American Black Bears: Home Ranges, Habitat and Social Organization. Chapman & Hall Press, New York, USA.
- Reid, D., M. Jiang, Q. Teng, Z. Qin, and J. Hu 1991. Ecology of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in Sichuan, China. *Mammalia* 55:221-237.
- Rodgers, A. R. 2001. Radio tracking and animal population. In Millspaugh, J. J. & J. M. Marzluff (eds), *Radio-tracking and animal movement*, Academic Press, San Diego, pp97-98.
- Saltz, D. 1994. Reporting error measures in radio location by triangulation: a review. *Journal of wildlife management* 58:181-184.
- Schaller G. B. 1977. *Mountain monarchs*. The university of Chicago press. Chicago and London, pp142-144.
- Schaller G. B., Teng Q., K. G. Johnson, Wang X., Shen H., and Hu J. 1989. The feeding ecology of Giant Pandas and black bears in the Tangjiahe Reserve, China. In: Gittleman L. (ed.), *Carnivore behavior, ecology and evolution*. Vol.1. Cornell university press. New York. USA, pp.212-241.
- Schmutz, J. A. and G. C. White 1990. Error in telemetry studies: effects of animal movement on triangulation. *Journal of wildlife management* 54:506-510.

- Servheen, C. 1983. Grizzly bear food habits, movements, and habitat selection in the Mission Mountains, Montana. *Journal of wildlife management* 47:1026-1035.
- Smith, T. R. and M. R. Pelton 1990. Home ranges and movements of black bear in a bottomland hardwood forest in Arkansas. *International conference on bear research and management* 8:213-218
- Springer, J. T. 1979. Some sources of bias and sampling error in radio triangulation. *Journal of wildlife management* 43:926-935.
- Wang, Y. 1990. The current status of Formosan black bear in Taiwan. *International conference of bear research and management* 8:1-4.
- White, G. C. and R. A. Garrott 1986. Effects of biotelemetry triangulation error on detecting habitat selection. *Journal of wildlife management* 50:509-513.
- White, G. C. and R. A. Garrott 1990. *Analysis of wildlife radio-tracking data.* Academic Press. New York.
- Wooding, J. B. and T. S. Hardisky 1994. Home range, habitat use, and mortality of black bears in north-central Florida. *International conference on bear research and management* 9:349-356.



圖一. 研究區地圖。

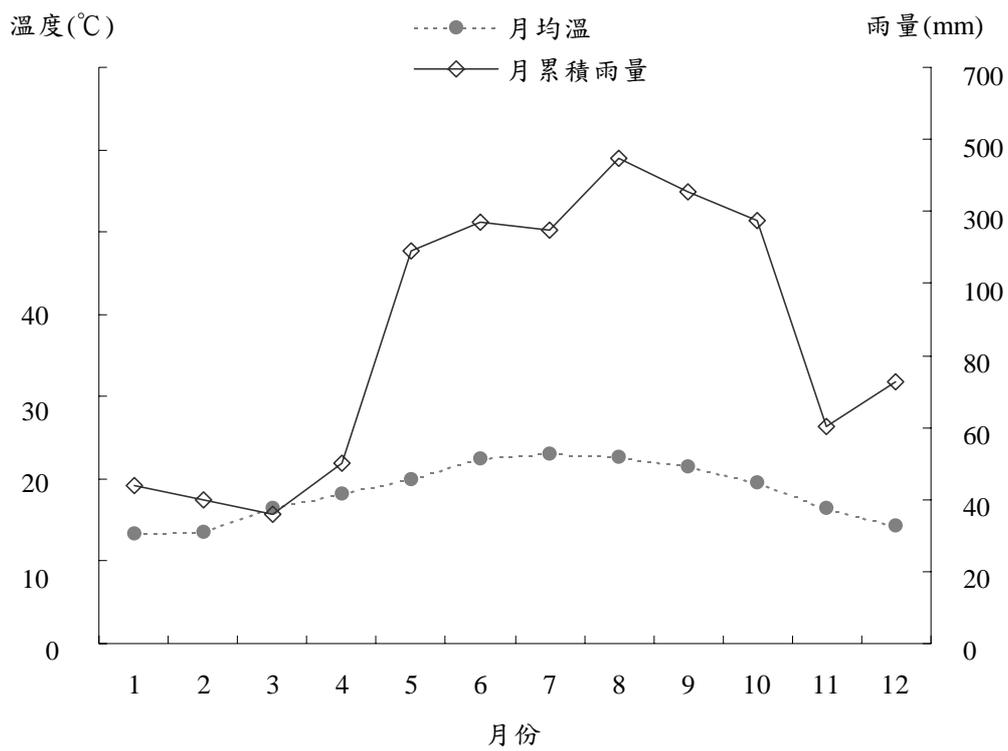
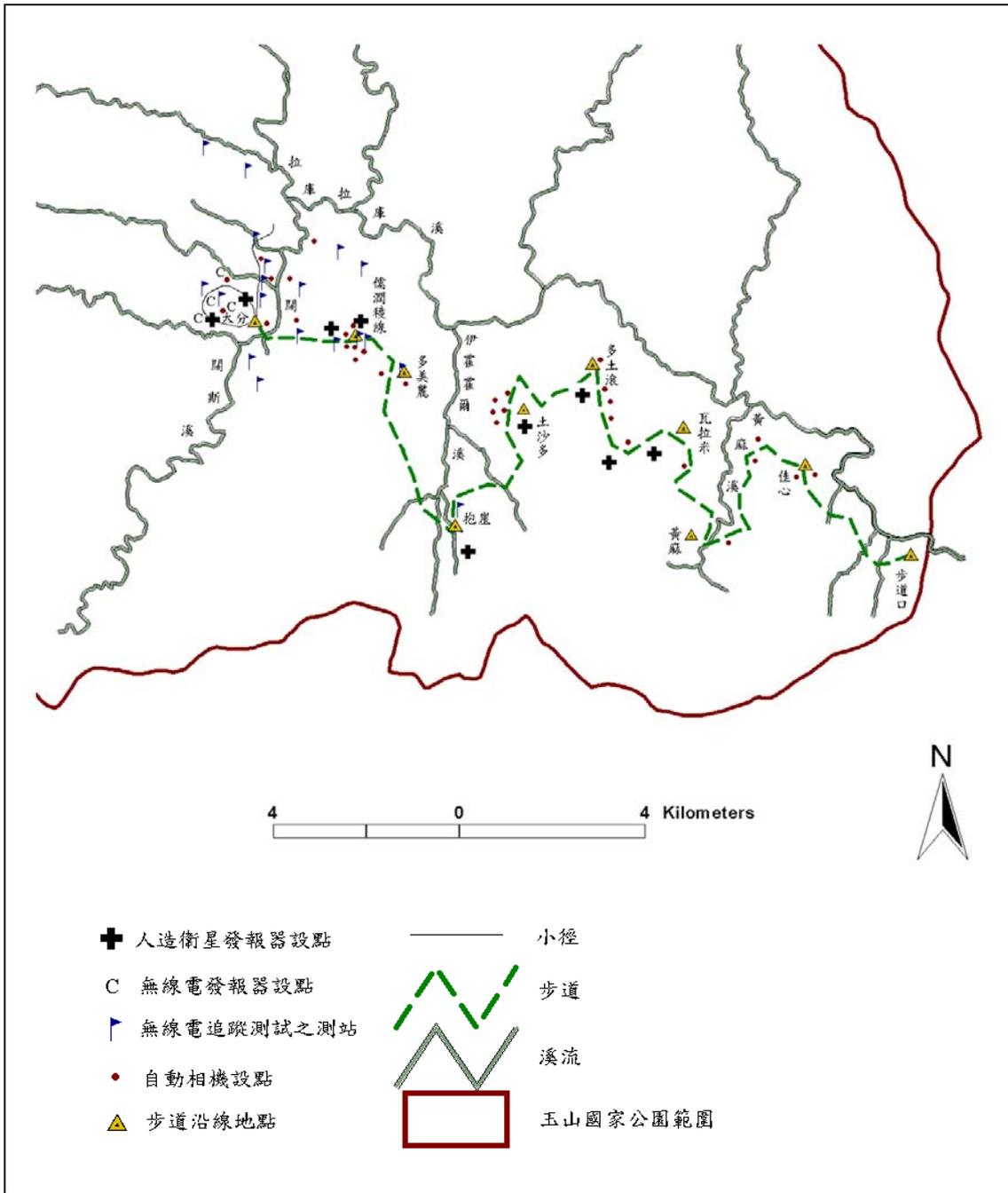


圖 二. 佳心氣象站於 1999-2002 年之各月平均溫度與累積雨量。



圖三. 本研究自動照相機設點與人造衛星追蹤器設點、無線電追蹤器設點、無線電追蹤測試之測站的位置圖。

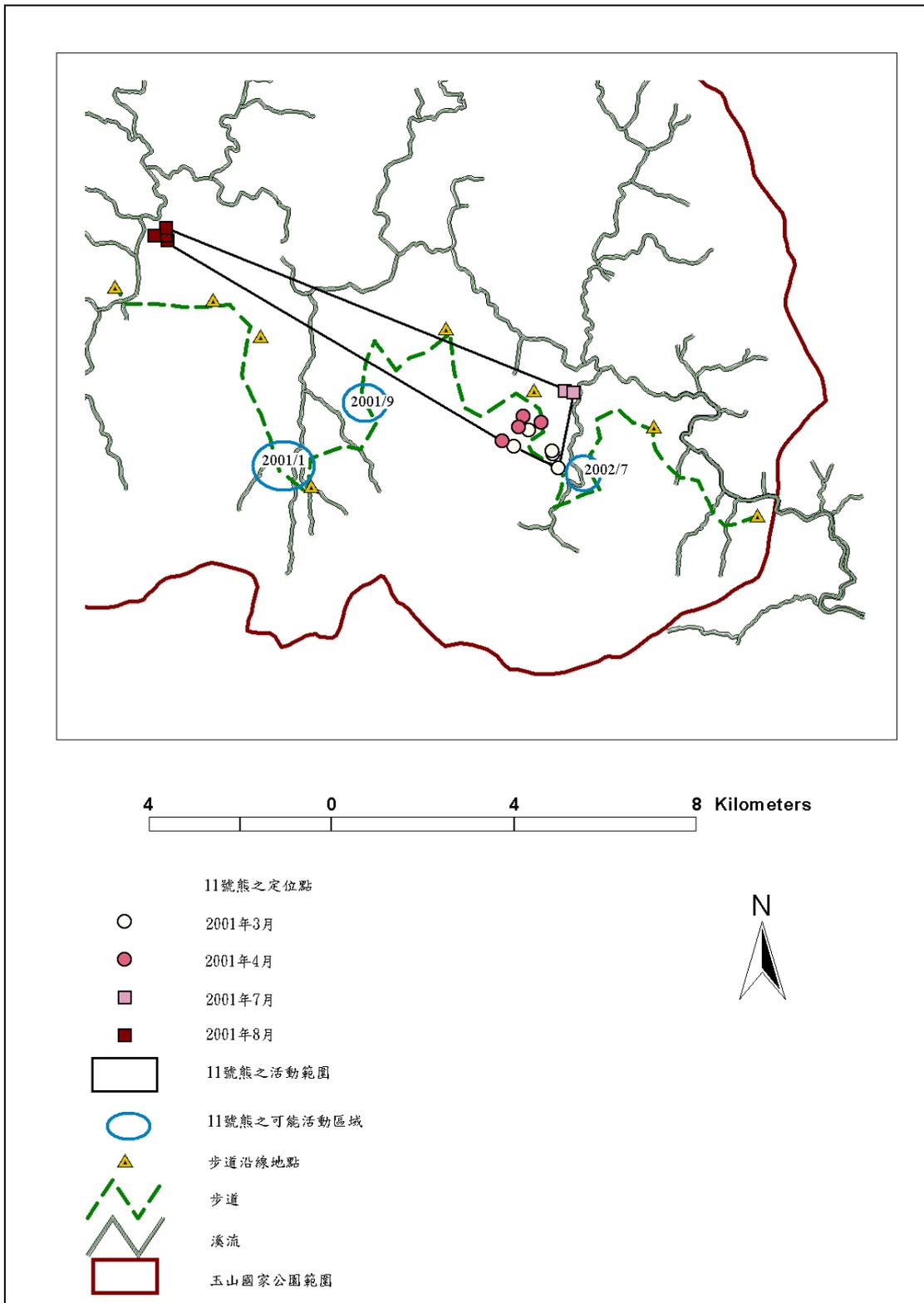
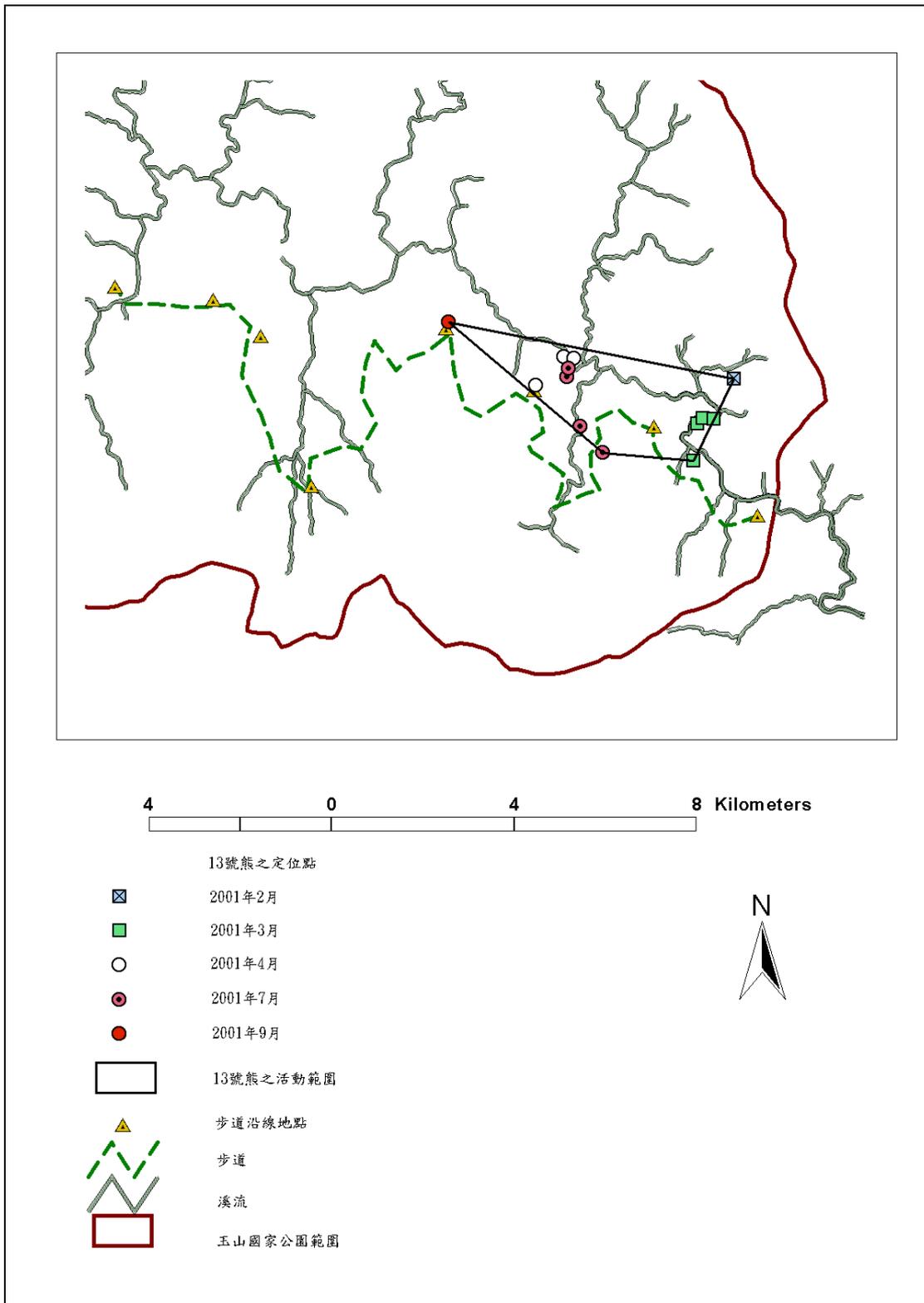
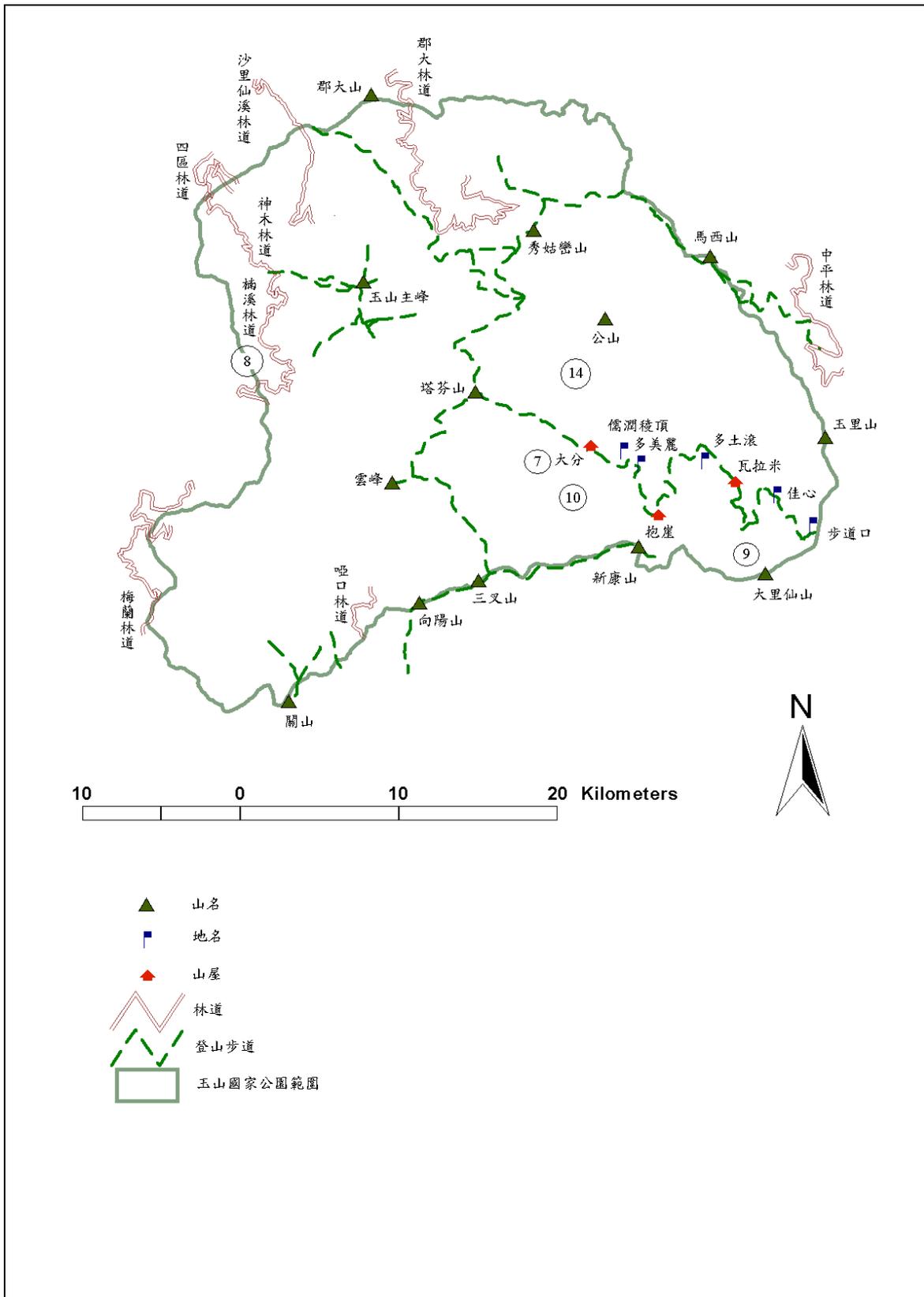


圖 四. 2001 年 1 月至 2002 年 1 月及 2002 年 7 月以 VHF 無線電追蹤所紀錄到 11 號熊之定位點、活動範圍及可能活動區域。



圖五. 2001年1月至2002年1月以VHF無線電追蹤所記錄到13號熊的定位點及活動範圍。



圖六. 2001年1月至2002年1月以VHF無線電追蹤所記錄到7、8、9、10及14號熊的可能活動區域圖。

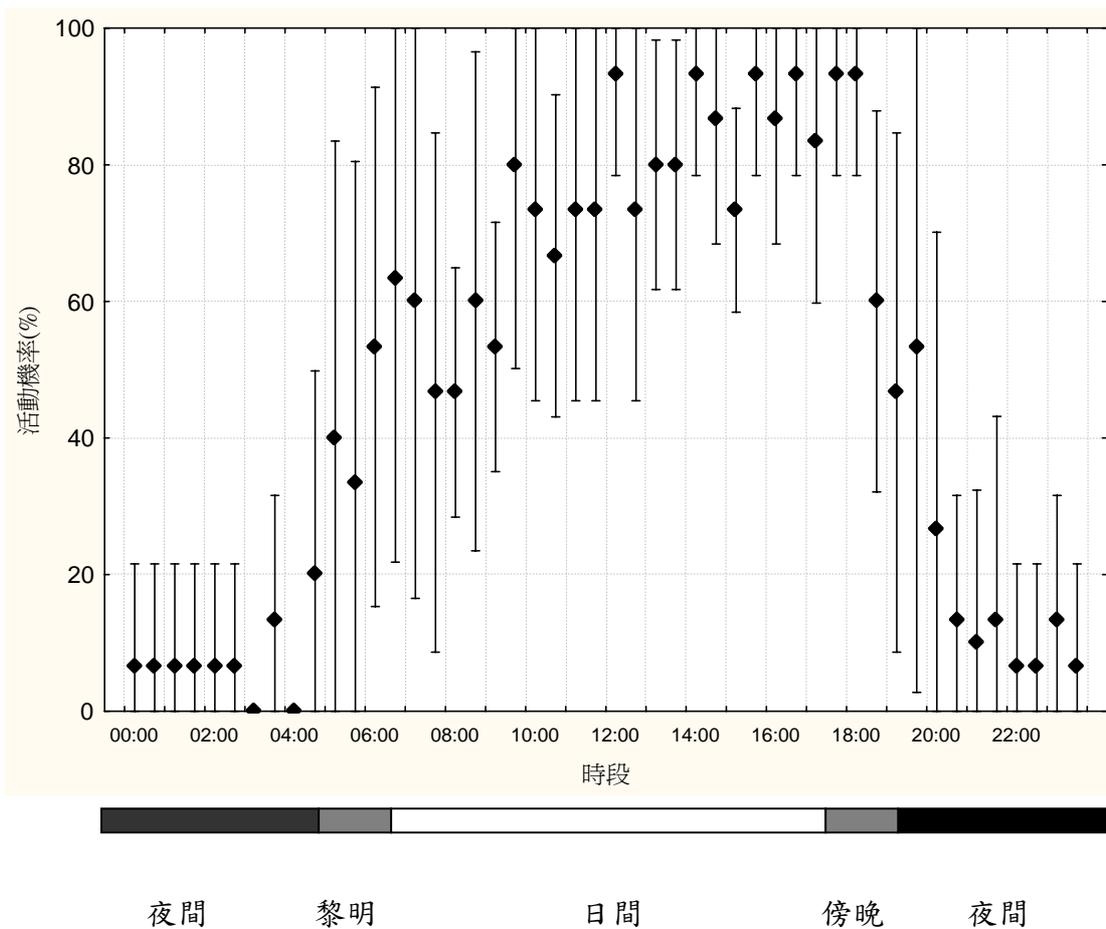
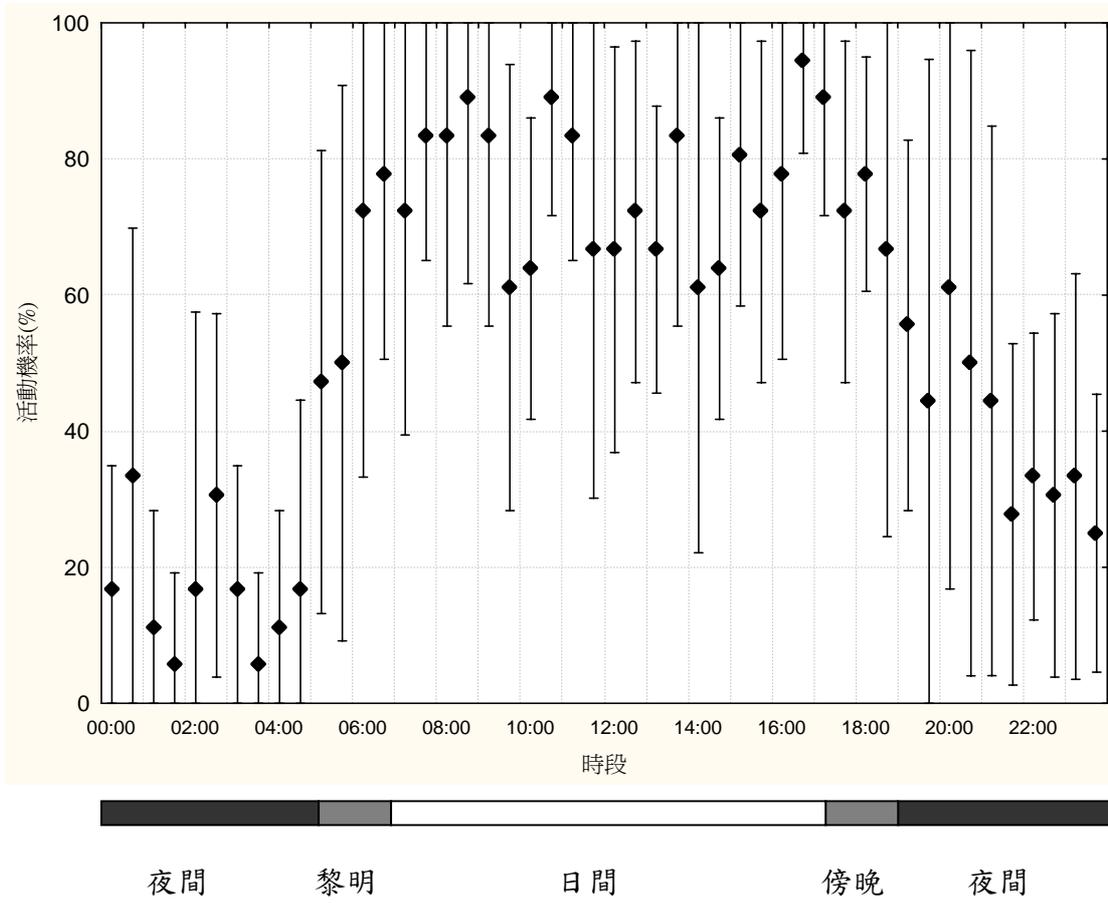
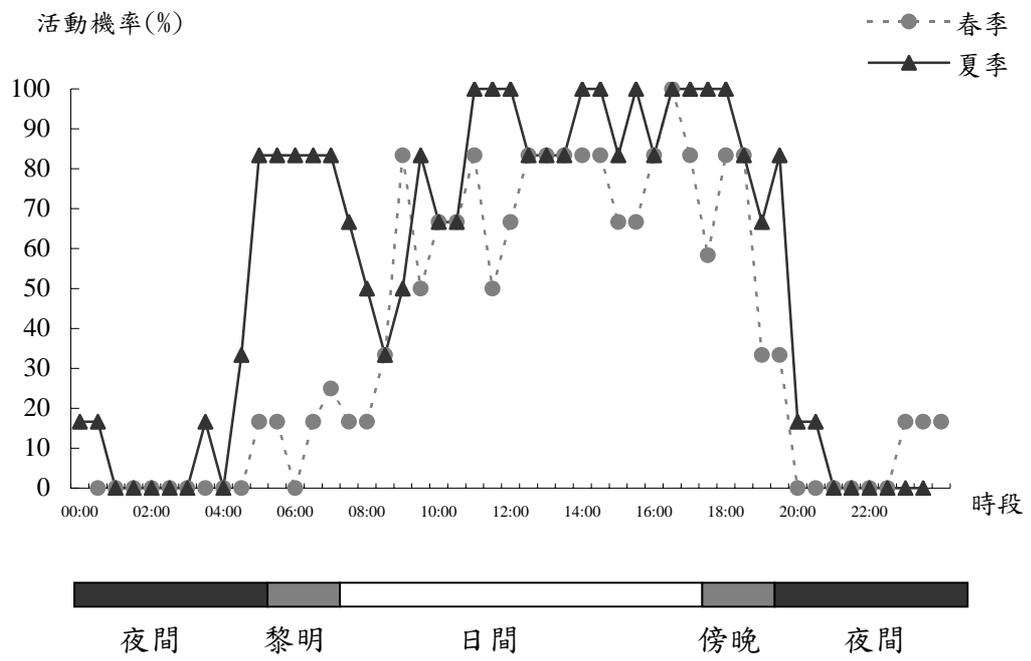


圖 七. 2001 年 2 月至 7 月以無線電追蹤所得 11 號熊之全日活動模式。



圖八. 2001年1月至7月以無線電追蹤所得13號熊之全日活動模式。



圖九. 2001年2月至7月以無線電追蹤所得11號熊於春、夏兩季之全日活動模式。

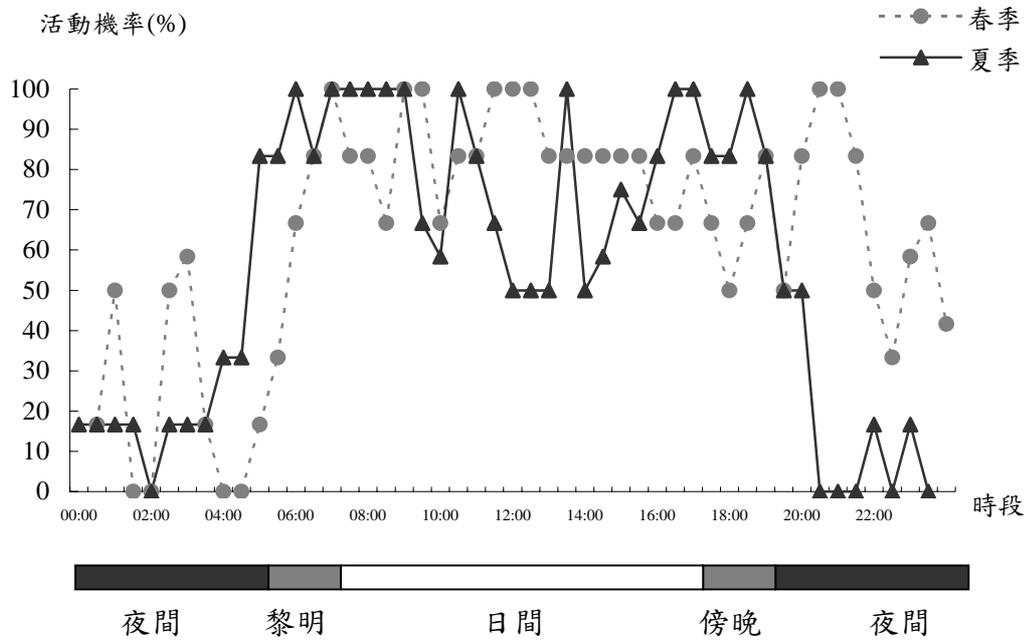


圖 十. 2001 年 1 月至 7 月以無線電追蹤所得 13 號熊於春、夏兩季之全日活動模式。

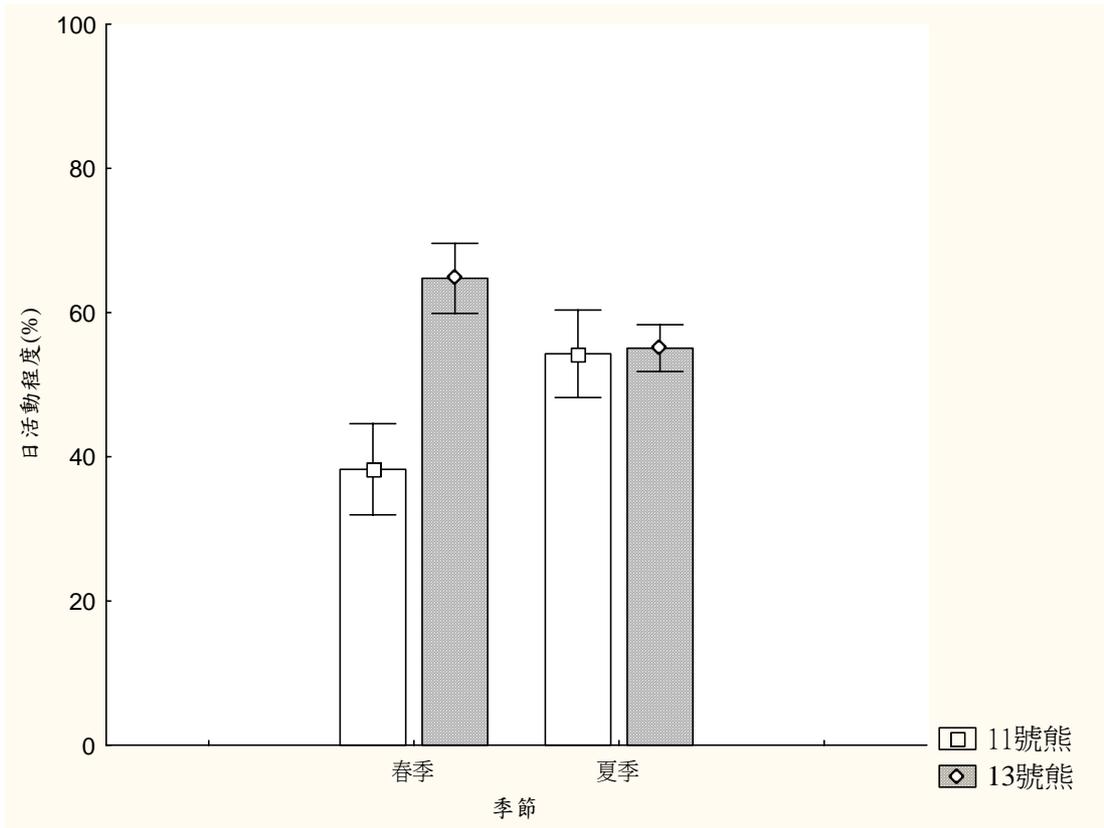


圖 十一. 2001 年 1 月至 7 月以無線電追蹤所得 11 號與 13 號熊於春、夏兩季之日活動比例。

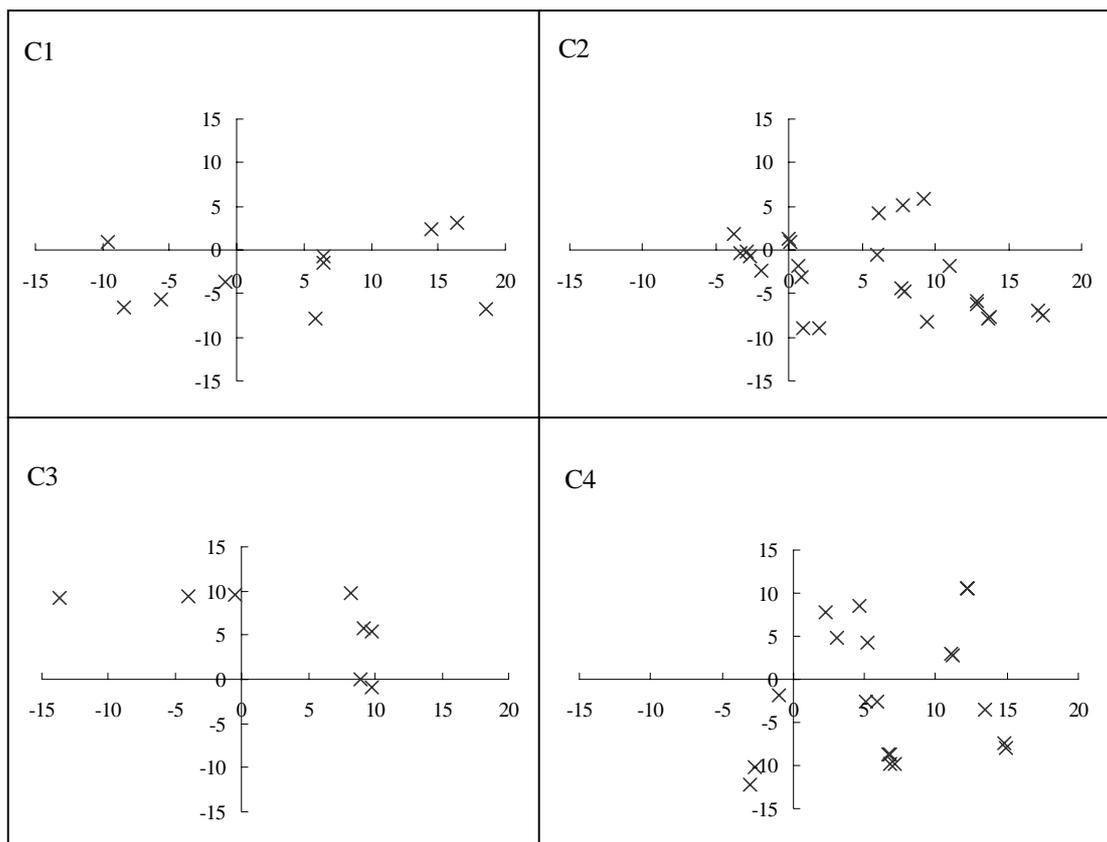


圖 十二. 2001 年 11 月於大分地區測試四個無線電追蹤器之定位點(C1-C4)與實際座標的偏離程度。X 與 Y 軸為正值時分別代表東及北方，單位為百公尺。

表一. 2002年9月至2003年2月於研究區之五種植被環境中設置自動相機的設點數、累積工作時數及對各植被類型的描述。

植被類型	設點數	累積工作時數 (小時)*	描述
人造林	5	2340.9 (122.0; 600.0)	多分布於步道口至土沙多(距步道口約20公里處)地勢較平緩的步道兩側250公尺範圍內,主要是以針葉樹種為主的人造林。海拔範圍從500到1500公尺。
闊葉林 1	6	3232.2 (125.2; 534.1)	於步道口至土沙多(距步道口約20公里處)地勢較陡、未被人工造林的小塊天然闊葉林,與步道上下250公尺之外的天然闊葉林連接。
闊葉林 2	7	1148.8 (166.6; 359.5)	分布於土沙多(距步道口約20公里處)至距步道口約34.5公里處,主要以樟科楠屬與殼斗科樹木為主要樹冠層的大片完整的天然闊葉林。
杉櫟林	6	2130.4 (190.0; 404.3)	分布於距步道口約34.5至36.5公里處,位於海拔高約2000公尺的稜線,為台灣杉、威氏帝杉與森氏櫟為主的針闊葉混交林。
松櫟林	8	3222.3 (120.1; 597.0)	分布於距步道口約36.5至39.9公里處與大分地區,以二葉松、青剛櫟為主的針闊葉混交林,海拔分布約1100-1500公尺。

*: 括弧內為各植被類型中相機設點之最短與最長工作時數。

表二. Argos 人造衛星追蹤 LC 值(Location Class)表 (修改自 Rogers, 2001、<http://www.cls.fr/manuel/>)。

LC 值	誤差值	說明
3	<150m	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 4 次以上;人造衛星接收到 PTT 追蹤器的時間>420 秒;機器內部震盪的不穩定度(internal consistency) <0.15Hz。
2	≥150m <350m	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 4 次以上;人造衛星接收到 PTT 追蹤器的時間>420 秒;機器內部震盪的不穩定度(internal consistency) <0.15Hz。
1	≥350m <1km	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 4 次,人造衛星接收到 PTT 追蹤器的時間<420 秒;機器內部震盪的不穩定度(internal consistency) <0.15Hz。
0	>1km	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 4 次,人造衛星接收到 PTT 追蹤器的時間<420 秒;機器內部震盪的穩定度不高(poor internal consistency)。
A	無法估計	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 3 次。
B	無法估計	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 2 次。
Z	無法定位	Argos 人造衛星接收到 PTT 追蹤器的訊號 1 次,但無法估計出動物位置。

表 三. 2001 年 11 月於大分地區進行無線電追蹤測試之測站的相關資料。

測站編號	二度分帶座標		測站地形	與追蹤器的相對位置
	X	Y		
1	259332	2586458	坡面	同向坡面
2	259369	2586843	溪谷	同向坡面
3	259432	2587199	溪谷	同向坡面
4	259203	2587784	溪谷	同向坡面
5	258455	2586485	稜線	同向坡面
6	258085	2586715	坡面	同向坡面
7	260135	2585675	溪谷	同向坡面
8	260180	2586686	坡面	相對坡面
9	260935	2585505	坡面	相對坡面
10	261009	2587504	稜線	相對坡面
11	261425	2585635	稜線	相對坡面
12	258113	2589752	坡面	相對坡面
13	259015	2589260	坡面	相對坡面
14	261520	2587141	坡面	背向坡面
15	261594	2585571	稜線	背向坡面
16	262343	2584930	稜線	背向坡面
17	263467	2581577	溪谷	背向坡面
18	259100	2585120	稜線	相對坡面
19	259270	2584620	稜線	相對坡面

表四. 2002年1月及6月至11月間於研究區進行人造衛星追蹤測試之設點的相關資料。

設點	測試日期	二度分帶座標		海拔高度 (m)	地形	覆蓋度 (%)	環境描述
		X	Y				
S1	1/10-1/19	259157	2585997	1290	坡面	0	位於大分地區，植被主要以二葉松與青剛櫟組成的針闊混合林，但四周無植被遮蔽。
S2	6/5-6/20	309292	2654113	0	平地	0	位於花蓮市吉安鄉，為平地，測試追蹤器設置於屋頂上，四周無高樓或樹木遮蔽。
S3	6/19-8/18	259005	2585926	1350	谷地	40-60	位於大分地區，植被主要以二葉松與青剛櫟組成的針闊混合林。
S4	9/3-9/8	264587	2583775	1700	坡面	>85	距山風步道口約 22.5 公里，主為樟科楠屬與殼斗科樹木為主要樹冠層的天然闊葉林。
S5	9/8-9/22	266962	2583489	1260	谷地	40-60	距山風步道口約 16.5 公里，以杉木為主的人造林。
S6	9/22-9/28	267705	2583400	1150	坡面	>85	距山風步道口約 14.5 公里，以杉木為主的人造林。
S7	9/28-10/15	266420	2585065	1490	稜線	0	距山風步道口約 17.5 公里，以杉木為主的人造林。
S8	10/15-10/20	263467	2581577	1690	谷地	0	距山風步道口約 27 公里，主為樟科楠屬與殼斗科樹木為主要樹冠層的天然闊葉林。
S9	10/21-10/25	261342	2585621	2040	坡面	40-60	距山風步道口約 36 公里，以台灣杉、威氏帝杉與森氏櫟為主的針闊混合林。
S10	10/25-11/30	261530	2585606	2090	稜線	40-60	距山風步道口約 35.5 公里，以台灣杉、威氏帝杉與森氏櫟為主的針闊混合林。

表五. 2001年1月至2002年8月間於玉山國家公園對8隻台灣黑熊標放個體無線電追蹤結果總覽。

追蹤個體	追蹤器類型	2001年												2002年		
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	7月	8月
7	PTT ^a					X			▽			▽	▽	□		
8	PTT ^a	▽				X							▽			
9	GPS-PTT ^b				△	X										
10	GPS ^c					X						▽	▽	▽	▽	▽
11	VHF	△	+	⊕	⊕	X	+	⊕	○						△	
12	VHF					X										
13	VHF	+	⊕	⊕	⊕	X	+	⊕	△	○						
14	VHF					X			△	△		△				

+：進行完整的活動模式監測；○：以無線電地面追蹤得到有效定位點；△：只由無線電地面追蹤測到訊號，但未獲得有效定位點；
 ▽：測得訊號之脈動非原本設定之發訊速度；□：測得訊號並尋回頸圈；X：未進行無線電追蹤；^a：追蹤器含有 PTT 人造衛星追蹤單元與 VHF 無線電追蹤單元；^b：追蹤器含有 PTT 人造衛星追蹤單元、GPS 人造衛星追蹤單元與 VHF 無線電追蹤單元。GPS 定位點可透過 Argos 人造衛星傳送至地面接收站，供研究者使用；^c：追蹤器含有 GPS 人造衛星追蹤單元與 VHF 無線電追蹤單元。GPS 定位點儲存於追蹤器內的記憶體中，研究者必須藉由接收器或將追蹤器回收，才能取得定位點資料。

表六. 2001年1月至2003年5月於研究區收集到之台灣黑熊排遺中各月出現的食物種類、相對體積比(%)與出現頻度。

種類	學名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	8月	10月	11月	12月	
植物類												
莖、葉												
草本		0.19(1)*	49.83(3)	99.00(1)	28.20(3)					0.45(2)	1.45(1)	
木本	青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>			38.00(2)							
竹類	玉山箭竹	<i>Yushania niikatayamensis</i>					100.00(1)					
果實、種子												
木本	青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	98.00(51)	50.00(3)						89.10(34)	95.65(66)	
	鬼石櫟	<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>						100.00(19)				
	台灣胡桃	<i>Juglans cathayensis</i>								2.63(1)		
	山櫻花	<i>Prunus campanulata</i>				93.16(18)				2.89(3)		
	台灣蘋果	<i>Malus formosana</i>								1.97(1)	1.38(1)	
無法辨識			0.02(2)		2.00(1)	0.26(1)		60.00(1)		2.82(2)	1.45(2)	
動物類												
哺乳動物	台灣山羌	<i>Muntiacus reevesi</i>	0.42(4)	0.17(1)		15.00(4)				0.02(1)	0.07(1)	
	台灣長鬃山羊	<i>Maemorhedus swinhoei</i>				15.80(1)				0.07(1)		
	台灣野豬	<i>Sus scrofa</i>				1.00(2)						
	無法辨識		1.17(1)							0.05(1)		
節肢動物	鞘翅目		0.20(1)		1.00(1)			40.00(1)				
排遺樣本數			51	6	1	5	19	1	1	19	38	69

*：括弧內為出現頻度。

表 七. 2001 與 2002 年秋冬季各月於大分地區記錄到黑熊取食殼斗科植物之痕跡數。

	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	總計
2001 年秋冬季	N/a	0	1	1	31	0	33
2002 年秋冬季	0	0	15	27	11	3	56

註：除了 2001 年 9 月未進入大分調查、2001 年 10 月至 12 月 10 號於大分長期調查之外，其他各月皆在大分地區，以固定樣線調查台灣黑熊的新鮮覓食痕跡。

表 八. 2001 年 1 月至 2003 年 5 月於研究區所發現台灣黑熊取食植物性食物之種類及發現月份。

植物名	學名	發現月份
山櫻花樹	<i>Prunus campanulata</i>	5
呂宋莢蒾	<i>Viburnum luzonicum</i>	12
台灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>	8*
台灣肉桂	<i>Cinnamomum insularimontanum</i>	11
槲楠屬	<i>Machilus spp.</i>	8,9
鬼石櫟	<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>	10
青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	1,2,11,12
狹葉櫟	<i>Quercus stenophylloides</i>	8*
無法辨識之殼斗科樹木	<i>Fagaceae</i>	8*

*：舊的黑熊覓食痕跡，無法推斷黑熊留下痕跡的確切時間。

表九. 2002年9月至2003年2月於研究區設置自動相機所得各類動物的有效資料數。

動物種類			有效資料筆數		
			學名	照片張數	動物隻(群)數
哺乳類	靈長目	台灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	87(11.3)*	94(11.8)*
		偶蹄目	台灣山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	289(37.4)
	台灣長鬃山羊		<i>Maemorhedus swinhoei</i>	17(2.2)	17(2.1)
	食肉目	台灣水鹿	<i>Cervus unicolor swinhoei</i>	82(10.6)	88(11.0)
		台灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>	26(3.4)	30(3.8)
		台灣黑熊	<i>Ursus thibetanus formosanus</i>	21(2.7)	21(2.6)
		黃喉貂	<i>Martes flavigula chrysoaspila</i>	7(0.9)	8(1.0)
		白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>	15(1.9)	15(1.9)
		食蟹獾	<i>Herpetes urva</i>	4(0.5)	5(0.6)
		鼬獾	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>	34(4.4)	34(4.3)
		黃鼠狼	<i>Mustela sibirica taivana</i>	6(0.8)	6(0.8)
	嚙齒目	松鼠科		29(3.8)	29(3.6)
		鼠科		75(9.7)	75(9.4)
	鳥類	雞形目	藍腹鷓鴣	<i>Lephura swinhoii</i>	53(6.9)
深山竹雞			<i>Arborophila crudigularis</i>	6(0.8)	7(0.9)
鴿形目		灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	1(0.1)	1(0.1)
鴉形目		褐鷹鴉	<i>Ninox scutulata</i>	1(0.1)	1(0.1)
雀形目		白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	1(0.1)	1(0.1)
		白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	2(0.3)	2(0.3)
		虎鶇	<i>Turdus dauma</i>	4(0.5)	4(0.5)
		紫嘯鶇	<i>Myiophoneus insularis</i>	2(0.3)	2(0.3)
		無法辨識		10(1.3)	10(1.2)
總計			772(100)	798(100)	

*：括弧內為各種動物之資料筆數或隻數佔所有有效資料數的百分比(%)。

表十. 2002年9月至2003年2月於研究區以自動相機記錄到台灣黑熊潛在哺乳類食物來源在五種植被類型的出現紀錄。

動物種類	自動相機設點所屬之植被類型				
	人造林	闊葉林 1	闊葉林 2	杉櫟林	松櫟林
台灣山羌	+	+	+ ⊙	+	+
台灣長鬃山羊	+	+	+	+	+
台灣水鹿			+ ⊙	+ ⊙	+
台灣野豬	+	+	+ ⊙		+

＋：表示獸徑設點照到之物種

⊙：表示泥灘設點照到之物種

表十一. 2002年9月至2003年2月於研究區以自動相機記錄到台灣黑熊潛在哺乳類食物來源於五種植被類型的獸徑設點的出現頻度 ($\bar{X} \pm SD$ ，單位為每百小時之有效隻次)。

植被類型	樣本數	台灣山羌	台灣長鬃山羊	台灣水鹿	台灣野豬
人造林	10	1.75±1.66	0.02±0.05	0	0.14±0.28
闊葉林 1	13	3.09±2.39	0.18±0.47	0	0.08±0.21
闊葉林 2	5	4.79±5.89	0.25±0.24	1.19±1.12	0
杉櫟林	8	1.88±0.85	0.24±0.34	0	0
松櫟林	11	1.25±0.79	0.16±0.26	2.84±4.78	0.37±0.50
<i>p</i> value*		0.12	0.67	<0.01	0.08

*: 以 Kruskal-Wallis test 檢測同種動物在各類植被環境中出現頻度差異的顯著性。

表 十二. 2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試所得之角度誤差 (單位為度)。

測站編號	與追蹤器的 相對位置	測站地形	C1 (設於溪谷)	C2 (設於坡面)	C3 (設於稜線)	C4 (設於稜線)
10	相對坡面	稜線	7.5	2.5	21.5	13.5
11	相對坡面	稜線	32.5	17.5	27.5	21.5
18	相對坡面	稜線	34.5	0.5	14.5	27.5
19	相對坡面	稜線	19.5	7.5	2.5	14.5
8	相對坡面	坡面	0.5	A	33.5	57.5
9	相對坡面	坡面	32.5	6.5	84.5	22.5
7	相對坡面	溪谷	10.5	5.5	22.5	7.5
5	同向坡面	稜線	X	13.5	A	7.5
1	同向坡面	坡面	211.5	95.5	98.5	135.5
6	同向坡面	坡面	212.5	15.5	A	46.5
2	同向坡面	溪谷	X	78.5	61.5	70.5
3	同向坡面	溪谷	64.5	59.5	52.5	82.5
4	同向坡面	溪谷	X	46.5	41.5	80.5
15	背向坡面	稜線	X	W	X	X
16	背向坡面	稜線	X	X	X	X
12	背向坡面	坡面	X	X	X	X
13	背向坡面	坡面	X	X	X	X
14	背向坡面	坡面	X	X	X	210.5
17	背向坡面	溪谷	X	X	X	X

X, 無法收到追蹤器訊號; A, 訊號太強, 無法辨別角度; W, 訊號太弱, 無法辨別角度。

表 十三. 2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試於兩相對地形測站所得之角度誤差之平均值及標準差（單位為度）。

追蹤器編號	C1	C2	C3	C4	整體
設點地形	溪谷	坡面	稜線	稜線	
相對坡面					
N=	7	6	7	7	27
誤差角度	19.6±13.8	6.7±5.9	29.5±26.2	23.5±16.4	20.3±18.4
同向坡面					
N=	3	6	4	6	19
誤差角度	162.8±85.2	51.5±33.1	63.5±24.7	70.5±42.4	77.6±56.7
整體					
N=	10	12	11	13	46
誤差角度	62.6±80.8	29.1±32.6	41.9±29.8	45.2±38.5	44.0±47.9

表 十四. 2001 年 11 月於大分地區以無線電追蹤測試所得之距離誤差的平均值與標準差（單位為公尺）。

追蹤器編號	C1	C2	C3	C4	整體
設點地形	溪谷	坡面	稜線	稜線	
有效定位點數	10	25	8	23	66
橫座標誤差	928±554	687±547	779±401	874±627	802±559
縱座標誤差	393±262	430±297	627±339	719±364	549±352
距離誤差	1062±500	857±554	1122±245	1223±549	1048±531

表 十五. 2002 年 1 月及 6 至 11 月間於花蓮縣平地 (S2) 及玉山國家公園山區 (S1、S3-S10) 測試 Argos 人造衛星追蹤各設點所得各 LC 值定位點數的累進百分比。

設點	地形	樹冠層遮蔽度(%)	定位時段數	定位點總數	單位時段定位點數	各 LC 值定位點數累進百分比 (%)						
						3	2	1	0	A	B	Z
S2	平地	0	12	31	2.6	0	26	35	35	52	77	100
S7	稜線	0	14	29	2.1	7	24	38	45	66	72	100
S10	稜線	40-60	28	46	1.6	2	4	7	9	30	57	100
S1	坡面	0	8	7	0.9	0	0	0	0	0	0	100
S3	坡面	40-60	40	56	1.4	13	21	27	27	46	75	100
S9	坡面	40-60	3	2	0.7	0	0	0	0	50	100	100
S4	坡面	>85	4	6	1.5	0	0	0	0	17	67	100
S6	坡面	>85	5	5	1	0	0	40	40	60	60	100
S8	溪谷	0	4	4	1	0	0	0	0	25	25	100
S5	溪谷	40-60	10	26	2.6	15	23	31	31	46	73	100

表 十六. 2002 年 1 月及 6 至 11 月於花蓮縣平地(S2)及玉山國家公園山區(S1、S3-S10) 測試 Argos 人造衛星追蹤各設點所得不同 LC 值定位點與實際設點間之距離誤差 ($\bar{X} \pm SD$, 單位為公尺)。

設點		LC					
		3	2	1	0	A	B
S2	N=	0	8	3	0	5	8
	距離誤差		3455±3203	1536±1010		3411±2517	11918±26687
S7	N=	2	5	4	2	6	2
	距離誤差	857±978	447±323	505±637	9947±12396	2712±2478	3979±1598
S10	N=	1	1	1	1	10	12
	距離誤差	4939	2874	7027	1136	4352±3605	28993±27643
S1	N=	0	0	0	0	0	0
	距離誤差						
S3	N=	7	5	3	0	11	16
	距離誤差	410±109	337±87	823±575		703±506	12078±11550
S9	N=	0	0	0	0	1	1
	距離誤差					1655	109224
S4	N=	0	0	0	0	1	3
	距離誤差					230	4146±563
S6	N=	0	0	2	0	1	0
	距離誤差			2952±694		595	
S8	N=	0	0	0	0	1	0
	距離誤差					1581	
S5	N=	4	2	2	0	4	7
	距離誤差	517±69	274±51	887±206		1325±1217	16451±34661
山區設點平均*	N=	14	13	12	3	35	41
	距離誤差	828±1226	565±723	1600±1980	7010±10135	2197±2642	19169±26871

*：不包括平地設點(S2)之資料。

表 十七. 2002 年 1 月及 6 至 11 月於花蓮縣平地(S2)及玉山國家公園山區(S1、S3-S10) 測試 GPS 人造衛星追蹤所得各設點之定位率與距離誤差 ($\bar{X} \pm SD$, 單位為公尺)。

設點	地形	樹冠層遮蔽度(%)	定位點數	定位率(%)	距離誤差(m)
S2	平地	0	22	71.0	51±9
S7	稜線	0	8	50.0	19±8
S1	坡面	0	11	55.6	129±220
S3	坡面	40-60	15	88.2	216±260
S4	坡面	>85	8	80.0	209±203
S6	坡面	>85	8	72.7	249±305
S8	溪谷	0	6	60.0	314±343
S5	溪谷	40-60	25	89.3	296±358
山區設點 平均*			52	70.8	184±263

*：不包括平地設點(S2)之資料。

附錄一. 2001年至2002年於玉山國家公園以無線電追蹤與人造衛星追蹤之台灣黑熊個體形質資料(修改自王穎與黃美秀, 2000及Hwang, 2003)。

標放個體	捕獲日期	追蹤器類型	性別	重量(kg)	體長(cm)	年齡*	捕捉地點	斷肢
7	1999/12/9	PTT ^a	雌	77	148	5-12	大分	右掌
8	2000/8/26	PTT ^a	雄	110	160	8(11)	多美麗	
9	2000/11/6	GPS-PTT ^b	雄	70	158	7(11)	大分	右後腳三趾
10	2000/11/7	GPS ^c	雄	90	174	6(9)	大分	左前腳三趾
11	2000/11/8	VHF	雄	93	167	11(15)	大分	
12	2000/11/9	VHF	雄	78	167	5-6(10)	大分	左前腳四趾
13	2000/11/13	VHF	雄	63	162.5	5-6	大分	左前腳三趾
14	2000/11/13	VHF	雄	84	165.2	5-6	大分	

*: 台灣黑熊的年齡是以齒堊層年齡判別技術(cementum-annuli aging techniques)判別, 但由於某些年輪的分隔並不明顯, 因此以明顯可區別之齒堊層估計可能年齡, 括弧中的數字則利用最多可分辨之齒堊層數估計年齡之上限。

^a: 追蹤器含有 PTT 人造衛星追蹤器與 VHF 無線電追蹤器。

^b: 追蹤器含有 PTT 人造衛星追蹤器、GPS 人造衛星追蹤器與 VHF 無線電追蹤器。GPS 定位點可透過 Argos 人造衛星傳送至地面接收站, 供研究者使用。

^c: 追蹤器含有 GPS 人造衛星追蹤器與 VHF 無線電追蹤器。GPS 定位點儲存於追蹤器內的記憶體中, 研究者必須藉由接收器接收訊號或將追蹤器回收, 才能取得定位點資料。

附錄 二. 2001 年 11 月於大分地區測試無線電追蹤之追蹤器設點位置。

追蹤器編號	二度分帶座標		地形
	X	Y	
C1	258750	2586950	溪谷
C2	258835	2586295	坡面
C3	258455	2586480	稜線
C4	258428	2586068	稜線

附錄 三. 2001 年 1 月至 2003 年 5 月於研究區內記錄到台灣黑熊休息處的相關資料。

發現日期	材質	大小 ^d	位置	地點描述	附近有無發現黑熊排遺
2001/2/24	藤蔓與樹葉	80*30*15	固定路線	步道上	有
2001/2/24	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	有
2002/1/14	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/6/28	芒草	94*68*27	固定路線	步道旁	無
2002/7/1	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/1	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/1	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/7/3	芒草	N/a	非固定路線	稜線上	無
2002/11/6	芒草	N/a	固定路線	步道旁	無
2002/11/28	二葉松與紅毛杜鵑	N/a	非固定路線	陡坡上	無
2002/11/28	二葉松與紅毛杜鵑	N/a	非固定路線	陡坡上	無
2003/5/7	樹葉	84*41*15	固定路線	步道上	有

^d：以長*寬*深度表示，單位為公分。