

農業部林業及自然保育署林業發展計畫

112 林發-09.3-保-09

臺灣黑熊地理分布預測模式及人熊關係分析

Distribution Prediction Model and Human-Bear
Relationship of Formosan Black Bears

成果報告



執行單位：台灣黑熊保育協會

計畫主持人：黃美秀 Mei-Hsiu Hwang

研究助理：書合韻 He-Jie Shu、詹凡儀 Fan-Yi Chan、
羅丹笛 Dan-Di Luo

中華民國 112 年 12 月 31 日

摘 要

臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)為亞洲黑熊分布在臺灣的亞種，在臺灣野生動物保育法中列為瀕臨絕種等級，受棲地破壞及各種人為活動干擾等影響，使其分布受限而數量稀有。另有鑑於頂級食肉動物的消失可能會導致生態系統連鎖效應，有關臺灣黑熊的行為、棲息地選擇和分布的研究，以及據此對其保育狀況的持續評估相當重要。

物種空間分布地圖是評估受威脅物種的野外族群狀況的關鍵要素，可以用來認定優先的保育區域或族群分布隔閡，然臺灣黑熊全島地理分布圖已超過 10 年以上尚未更新。本研究旨在以全面且系統性方式收集 2011 年至 2023 年 7 月 31 日期間黑熊於全島的出現紀錄，隨後以 MaxEnt 物種分布模式搭配與黑熊重要生態棲位相關的 12 類環境因子建模，以預測合適棲息地範圍，即潛在分布地圖，並分析影響的重要因素。

本研究從 10 種不同的來源收集 1,838 筆有熊資料，涵蓋 706 個 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 有熊格。有熊格有 88% 位於國有林事業區內，57.5% 的有熊格位於中央山脈保育廊道中。MaxEnt 預測結果顯示，訓練及驗證模式的 AUC 值分別為 0.87 及 0.85，模型適合度良好。二元預測分布圖顯示黑熊潛在分布面積有 $11,229 \text{ km}^2$ ，占全島面積 31.4%。影響分布模式預測力較重要度環境因子包括與中央山脈保育廊道距離、海拔、與道路距離，以及農地距離。

相較於前期(2000-2010 年)的有熊預測分布圖，本期預測黑熊潛在分布區域面積有增加，然明顯增加的主要於低潛在分布區，而中或高潛在分布區的面積則變化不大。本期預測黑熊潛在分布範圍於中央山脈保育廊道外圍的東部和西部地區有不等程度增加的趨勢，而在北臺灣相較南臺灣有較多面積由潛在分布區轉變為預測無熊分布區域。

本研究亦透過通報平台搭配半結構式問卷，蒐集人熊相遇的情境資料，共紀錄 236 筆熊目擊事件，未有任何黑熊攻擊人的明確情事。熊目擊事件

大多數發生在短距離內，<20 m 佔 48.0%。在熊有注意到人的紀錄中，高達 85.7%的熊採取迴避行為，僅有 12.2%表現防禦性威嚇行為，且威嚇後隨即離開，其中母熊帶領幼熊時出現顯著較高的比例的此類威嚇行為。人遇見熊未必導致會人熊衝突，然亦有 14.1%的受訪者表現出極端迴避行為，唯當下近半數的熊已採迴避行為；有時熊也會出現於人為環境或設施附近(n=133)，而造成具體滋擾的紀錄僅 15.8%，包括破壞山屋或研究站(n=7)，以及農地的家畜或農作(n=14)。

根據二期有熊點位和潛在分布地圖預測之比較結果，本研究建議針對本期黑熊潛在分布範圍減少，以及預測有熊分布然有熊點位資料卻缺乏或大幅減少的地區，皆可加強未來較大尺度的族群監測資料收集，以釐清族群是否可能衰退，並瞭解可能原因。同時為提高模式預測力，可持續提升影響黑熊分布的重要自然和人文環境參數的品質，如狩獵或遊憩壓力，重要季節性自然食物資源的分布等。在棲地經營管理上，則可強化保護區實質的棲地品質(包括生物間的交互作用)和適當減少人為干擾，並提升無論是保護區內或以外地區的合適棲地的連結度。最後，持續透過正確人熊互動關係資訊的教育推廣，提升社會大眾對台灣黑熊的認識和容忍度，以及加強相關經營管理策略施行的成效評估和調整改善，皆有助於人熊共生和保育目標的達成。

謝 誌

本研究承蒙台灣黑熊保育協會提供經費支持，同時感謝農業部林業及自然保育署提供配合款經費補助(111 林發-09.3-保-10)，並感謝林業署承辦人員邱國皓先生和王佳琪小姐於行政事務及資料調閱上熱心提供各項協助，並提供諸多寶貴意見。

有熊資料的收集和彙整上，尤其感謝林業署和玉山國家公園管理處提供內部資料庫、屏科大保育遺傳研究室翁國精教授提供林業署全島監測相機樣點的資訊，以及吳幸如教授提供尚未發表的監測和個人觀察資料，裨益資料的順利收集。另亦十分感謝志工吳瑞瓊小姐時刻關注網路上各種黑熊出沒的消息，並耗費大量時間搜尋相關資料。此外，感謝台灣黑熊保育協會何可慧小姐協助籌備講座、提出「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座申請的企業或單位，以及感謝提供各式黑熊出現資訊的熱心民眾或第一線野外工作人員，包括填寫「臺灣黑熊出沒通報」紙本問卷，或至台灣黑熊保育協會「有熊通報系統」登錄相關資訊，在此一併致最深謝忱。

此外，我們亦感謝在訪談部落過程中，霧臺鄉、桃源鄉、卓溪鄉、信義鄉等地的受訪者，以及別部落訪談的引介者，包括林泳滋、高新興(包爺)、陳哲安、侯穎霖和吳幸如教授等人。最後，在 GIS 操作技術和圖層資料提供，以及 MaxEnt 軟體使用建議上，特別感謝魏浚紘教授和成功大學陳怡秀老師，以及研究生陳昱嘉在 GIS 和圖層製作的協助。

目 錄

摘 要.....	I
謝 誌.....	III
目 錄.....	IV
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
附錄目錄.....	VIII
壹、前言	1
一、物種之地理分布範圍.....	1
二、物種分布預測模式.....	3
三、臺灣黑熊之地理分布.....	4
四、臺灣人熊關係.....	7
五、計畫目標.....	8
貳、研究方法.....	9
一、黑熊出現紀錄.....	9
二、人熊互動關係.....	19
三、臺灣黑熊分布預測模式.....	21
參、結果.....	34
一、黑熊出現紀錄資料來源和類型.....	34
二、有熊點位分布.....	53
三、臺灣黑熊分布預測模式.....	66
四、本期與前期(2000-2010 年)的黑熊點位分布和預測分布圖比較.....	83
五、人熊互動關係.....	88
肆、討論.....	98
一、近年臺灣黑熊出現紀錄.....	98
二、臺灣黑熊分布預測圖.....	105
三、兩時期有熊點位和預測分布圖的變化	111
四、人熊關係.....	115
伍、結論及建議.....	121
陸、參考文獻.....	123
柒、附錄.....	147

圖目錄

圖 1、針對有熊紀錄重複資料之處理流程圖。	18
圖 2、本計畫收集黑熊出現紀錄(n=1,838)的各種來源。	34
圖 3、為鼓勵民眾通報，設計製作臺灣黑熊臂徽回饋禮一組共 3 種樣式。	38
圖 4、臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁。(實際輸出尺寸 14.85×21 cm，全幅 74.25×21 cm，設計者：林儀珍)	38
圖 5、各式有熊資料類型百分比。	40
圖 6、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集源自二個研究樣區，玉山國家公園 和大雪山森林遊樂區，人造衛星追蹤及研究捕捉繫放野外臺灣黑熊 的紀錄之分布情況(n=350)。	48
圖 7、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊痕跡紀錄之分布情況(n=494)。	49
圖 8、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊目擊紀錄之分布情況(n=281)。	50
圖 9、2011 年 1 月至 2023 年 7 月自動相機記錄到臺灣黑熊之分布情況 (n=683)。	51
圖 10、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊通報救傷和死亡紀錄之分布 情況(n=31)。其中捕捉繫放個體編號 16711 於第二次移地野放後死亡 (星號)，此案未列入本資料分析。	52
圖 11、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集有熊點位(精準度在 4 km ² 內， n=1,832)之分布情況。	56
圖 12、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集的有熊點位(n=1,832，圖 11)轉換 成 1×1 km ² 有熊網格(n=706)之分布情況。	57
圖 13、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊點位(n=1,832)於臺灣全島之分布情 況，其中橙點於中央山脈，紅點於雪山山脈。	58
圖 14、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊網格(1×1 km ² ，n=706)於國有林事 業區之分布情況。	59
圖 15、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊網格(1×1 km ² ，n=706)於中央山脈 保育廊道保護區系統之分布情況。	60
圖 16、本計畫收集 2011 年至 2023 年 7 月有熊點位於不同海拔梯度的分 布情況。	65
圖 17、不同資料類型的有熊點位(n=1832)之海拔分布情況。	65
圖 18、本期 MaxEnt 預測模式之驗證資料受方操作(receiver operating characteristic, ROC)曲線，受方操作曲線下面積(AUC)值為 0.85。 ..	69
圖 19、利用本期 2011 年至 2023 年 7 月收集的有熊資料，以 MaxEnt 預測 臺灣黑熊的相對分布機率(logistic)圖。	70

圖 20、以 MaxEnt 模式利用 2011-2023 年 7 月有熊資料所預測臺灣黑熊潛在地理分布圖(1×1 km ² 網格)。	71
圖 21、以 MaxEnt 模式利用 2011-2023 年 7 月有熊資料所預測的臺灣黑熊潛在分布區域之預測機率分級圖(1×1 km ² 網格)。	72
圖 22、利用折刀分析方法分析本期模式中各變數之單一獲益和獨缺損失與 test gain(A)及 AUC(B)之關係。橫軸為獲益(gain)，縱軸為各變數類別，紅色代表整體獲益，藍色代表各變數之單一獲益，紅色橫條長度減去藍綠色橫條長度之差，即為各變數之獨缺損失。	75
圖 23、本期臺灣黑熊預測分布機率與各項環境變數關係的反應曲線圖，橫軸為環境變數之數值或指數梯度，縱軸為物種分布的相對機率(logistic output)。紅線為平均值，藍色為標準偏差。	76
圖 24、利用前期(2000-2010 年)收集的有熊資料(黃美秀等 2010)，以 MaxEnt 模式預測臺灣黑熊的相對分布機率(logistic)圖。	80
圖 25、利用前期(2000-2010 年)收集的有熊資料(黃美秀等 2010)，以 MaxEnt 模式所預測的臺灣黑熊潛在地理分布圖(1×1 km ² 網格)。	81
圖 26、利用前期(2000-2010 年)收集的有熊資料(黃美秀等 2010)，以 MaxEnt 模式所預測的臺灣黑熊潛在分布區域之預測機率分級圖(1×1 km ² 網格)。	82
圖 27、本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月，n= 706)與前期(2000-2010 年，n= 409；黃美秀等 2010)有熊網格(1×1 km ²)之分布情況，黃色實心網格為兩個時期都有發現黑熊之網格(n=89)。	85
圖 28、本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)與前期(2000-2010 年)臺灣黑熊潛在分布機率分級面積分布圖。	86
圖 29、利用 MaxEnt 以相同環境變數所預測二個時期臺灣黑熊潛在地理分布圖，比較本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)與前期(2000-2010 年；黃美秀等 2010)之網格分布狀況。重疊網格共 7,483 km ² 。	87
圖 30、不同人熊相遇距離數量分布(n=231)。	88
圖 31、目擊臺灣黑熊現場人數數量分布(n=231)。	89
圖 32、人目擊臺灣黑熊時，黑熊當下的行為(n=233)。	90
圖 33、當人熊相遇人靜止不動或緩慢離開時，黑熊的行為反應(n=196)。	91
圖 34、防禦性威嚇行為在不同人熊相遇距離發生機率(n=193)。	95
圖 35、野外目擊不同臺灣黑熊組成於各月份出現情況(n=212)。	96
圖 36、單隻成熊、母子熊或幼熊遇到人後之行為表現(n=229)。	97
圖 37、林業署自 2015 年起全島監測相機樣點及其他來源自動相機樣點拍攝到臺灣黑熊之分布。	114

表目錄

表 1、本研究有關人熊經營管理(human-bear management)常見的詞彙和說明(主要參考 Smith et al. 2005; Hopkins et al. 2010)。	20
表 2、建立臺灣黑熊分布預測模式所利用的各項環境因子圖層說明以及資料來源。	27
表 3、台灣黑熊保育協會有熊通報系統平臺收集通報資料和研究團隊鑑定結果。	36
表 4、有熊通報系統平臺收集的各類熊痕跡資料及其辨識狀況。	37
表 5、2011-2023 年間黑熊出現紀錄之資料來源和資料類型分布。	45
表 6、2014 年至 2023 年 7 月間臺灣黑熊通報救傷和死亡案件之情況。	46
表 7、不同有熊點位的類型所記錄的有熊點位數/網格數之比值。	53
表 8、有熊點位和有熊網格($1 \times 1 \text{ km}^2$)於中央山脈保育廊道保護區系統分布情形。	61
表 9、不同資料類型的有熊點位所屬之棲地環境類型。	64
表 10、Maxent 模式相對貢獻度及折刀分析方法重要度前三名之環境因子。	78
表 11、本研究所蒐集不同類型的臺灣黑熊出現紀錄的資料特性和應用成效之分析。	103

附錄目錄

附錄一、1990 年至 2010 年收集之有熊點位分布資料，以及 MaxEnt 模式 預測臺灣黑熊分布圖(資料來源：黃美秀等 2010；蔡幸蓓 2011)。	147
附錄二、彙集主管機關未公開之臺灣黑熊出現紀錄之公文。	148
附錄三、為鼓勵和收集民眾通報黑熊出沒資訊，發文至民間戶外活動相 關的組織或企業辦理免費黑熊保育講座之公文。	150
附錄四、為鼓勵國人發現黑熊通報紀錄，發文至民間相關的環境或保育 組織。	152
附錄五、本計畫執行 16 場登山社講座之活動內容成果。	153
附錄六、本計畫執行 4 場林業署分署講座場次之活動內容和成果。	155
附錄七、本計畫設計之臺灣黑熊出沒通報問卷紀錄表。	157
附錄八、根據農業部林業及自然保育署發布之第四次森林資源調查報告 (2017)定義本研究之植被類型。	159
附錄九、中央山脈保育廊道涵蓋不同類型的保護區系統。	160
附錄十、根據內政部國土測繪中心發布之第二次國土利用調查分類系統 表(2006)定義本研究之土地利用類型。	161
附錄十一、建立 MaxEnt 分布預測模式所使用的各項環境因子之間的皮爾 森相關係數。	162
附錄十二、本研究採用的政府研究調查資料庫清單，以及下載黑熊相關 資訊。	164
附錄十三、本計畫調閱政府研究調查報告記錄有熊出現紀錄的文獻來源 (2011 年 1 月至 2023 年 7 月)。	165
附錄十四、於 Facebook 社群張貼台灣黑熊協會黑熊通報系統資訊的單位 清單及流通程度。	168
附錄十五、本計畫所採用野外臺灣黑熊捕捉繫放及衛星追蹤的相關資 訊。	169
附錄十六、自 2014 年 10 月開始至 2023 年 7 月，通報野外臺灣黑熊需救 傷或死亡，且經相關管理單位出面處理或地檢署偵查的紀錄。	170
附錄十七、2023 年 8 月至 12 月，民眾通報野外臺灣黑熊需救傷或死亡之 紀錄。	172
附錄十八、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」 (設計者：林儀珍)。	173

壹、前言

一、物種之地理分布範圍

物種的地理分布是衡量生物多樣性的重要標準，包括設定和監測物種保育狀況或等級(conservation status)，乃保育及經營管理的必要資訊(Elith and Leathwick 2009; Franklin 2010; Guisan 2013)。這也是確定高生物多樣性區域(Cai et al. 2018)，以及追蹤生物對氣候變遷的反應(Porfirio et al. 2014; Biber et al. 2020)的重要資訊。物種的空間分布是評估保育等級的重要指標之一，準確的物種空間分布現況地圖為評估受威脅物種的野外族群狀況的關鍵要素，可以用來認定優先的保育區域及族群分布隔閡(Boitani et al. 2011)。

釐清物種的分布範圍變化，亦可以瞭解此族群的空間變動趨勢，以作為保育狀態的一個指標(Wilson et al. 2004; Mason et al. 2021)。就某種程度而論，分布的變化可以反映物種族群大小的變化，其中個體的活動範圍有最小的重疊程度(Franklin 2010; Lee-Yaw et al. 2022)。用於有效推斷族群變化的範圍圖必須及時、相當準確且可重複。然而，依賴分布變化的一個風險是它們可能反映數據或調查方法的差異，從而掩蓋了真正的族群變化(Mason et al. 2021)。因此，分布範圍圖對於瞭解熊的活動範圍雖然很有用，但欲依賴它們來衡量族群變化時，則需要非常謹慎(McShea et al. 2022)。

國際自然保育聯盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)紅皮書(IUCN Red List)是重要的保育工具，國際自然保育聯盟物種存續委員會(IUCN Species Survival Commission, SSC)的專家小組原則上每 10 年重新評估物種分布，以明確闡述每個物種保育狀況(IUCN 2012)。在紅皮書中，採用 5 個標準對物種滅絕風險進行分類，包括對現狀、威脅和族群趨勢的評估等。但對於大多數物種來說，這些標準鮮少被明確地量測，而是經常使用一些指數或替代變數。然所有 5 個標準都可能涉及到地理範圍的測量(McShea et al. 2022)。每個物種的描述資訊均包

含分布範圍圖，因此經常被保育界視為是「官方」分布，並且在日後重新評估的過程中，常被用來當作族群變化的衡量標準(McShea et al. 2022)。由此亦可見此資訊的重要性，但如何確定單一物種的分布卻沒有明確描述。

亞洲黑熊(*Ursus thibetanus*)廣泛分布於亞洲 18 個國家，但普遍都面臨盜獵、熊產製品的商業買賣(如熊膽、熊掌等)、加上棲息地的喪失，該物種的分布範圍大部分都正在減少(Garshelis and Steinmetz 2020)。在 IUCN 紅皮書上列為易受危物種(vulnerable species, VU)(IUCN 2021)。熊類專家繪製其分布範圍的過程可以達到 2 個不同的目的：(1)提供當前族群狀況的指標，特別是熊居住在何處、佔據範圍的面積、孤立族群和族群之間的分隔區，以及不確定的區域；(2)作為監測工具，提供分布範圍隨著時間推移的縮小或擴大的估計，以及這些變化發生的位置(McShea et al. 2022)。

目前國際自然保育聯盟確定受威脅熊類的地理範圍的方法大多依賴專家意見，這不僅難以量化，且每次評估審查時因無法採相同的專家意見，而難以可靠的重複進行(Fourcade 2016; Garshelis and Steinmetz 2016; Merow et al. 2017)。這也是目前國際自然保育聯盟熊專家小組 (Bear Specialist Group)繪製各地區熊類分布範圍圖的困擾。當被專家用以評斷的資料沒有被提供時，不僅欠缺驗證的過程，也沒有標準方法將存在或出現(presence)的點位推斷為佔據區域(occupied area，即距離某個出現點多遠的區域仍可被視為「現有 (extant)」(Garshelis and Steinmetz 2016)。

有效的野生動物經營管理繫於能夠瞭解和預測動物對棲息地的需求。評估受威脅物種的野外族群狀況，並且制定有效保育策略，需要仰賴精準的目標物種的空間分布(Boitani et al. 2011)。因此，對於保育受威脅的物種如臺灣黑熊而言，所需採取的積極保育行動包括瞭解現有族群的地理分布範圍，以作為未來可能進行重要棲息地復育的位置及方式的選擇，以及評估各種開發或環境變化對於族群的潛在影響的重要參考(Palma et al. 1999; Anderson et al. 2004; Hidalgo-Mihart et al. 2004)。

動物的分布一般並非呈現逢機型態，而是與棲息地中的環境因素存

在著某種程度的關係。傳統的調查方式常受環境、人力、物力、財力、時間上的限制，很難在短時間之內完成有關物種大範圍分布的全面野外調查，以提供完整的動物分布資料，尤其是密度低或活動範圍廣大的種類，例如熊科動物。而近年來許多研究者使用各種數學統計方式，利用若干重要的環境因素建立野生動物的棲息地模式，預測該物種在尚未調查的地區的可能分布情形，此法不僅可以彌補野外調查研究的不足，也及時提供了野生動物保育和經營管理於決策上的重要資訊(Guisan and Zimmermann 2000; Kobler and Admic 2000; Glenz et al. 2001; Mclellan and Hovey 2001)。

二、物種分布預測模式

近年來物種分布模型的發展迅速，不斷有學者開發新的分布模型，以及對既有模型的最佳化。物種分布模型(Species Distribution Model, SDM)為利用統計方法或是電腦演算法，計算物種分布的點位與其環境因子之間的關係，再將此關聯性投射於地表。由於對生物多樣性地理分布資訊的需求，以及遙測資訊(Remote Sensing)、全球定位系統(Global Positional System, GPS)、地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)和統計方法等技術的發展，物種分布模型在近 10 年來已迅速的發展及應用(McPherson et al. 2004; Franklin 2010)。加上隨著網路的便利普及，以及生物多樣性資料庫的進步，精細的物種分布資料取得不再是難事，物種分布模型結合了物種出現紀錄以及環境因子，也能準確的預測物種的地理分布範圍(Peterson and Stockwell 2002; Peterson et al. 2018)。

野生動物棲息地的選擇除了受到食物資源豐富度以及相關物候環境影響之外，人為干擾也是關鍵因素。物種分布模式大致可分為 2 類，分別為：(1)有(presence)；(2)有/無(presence/absence)。只需物種出現之模式，適用隱蔽、密度低之稀有物種，動物出現紀錄可藉由野外調查和其他如訪談等方式獲得，而沒有出現的資料很難獲得，沒有發現物種在某一區域之活動跡象，並無法輕易確認此區域是否沒有此物種出現(Viña et al. 2010)。因此，近年來只需物種出現紀錄之模式迅速發展，如基因演算法(Genetic

algorithm for rule-set prediction, GARP)、最大熵演算法(Maximum Entropy, MaxEnt)。

於物種分布預測模式上，通常只需物種出現紀錄的模式常會有較高的超算(commission)情形(Elith and Leathwick 2009)，而 MaxEnt 模式具有穩健性(robustness)之特色，且藉由正規化(regularization)的步驟，限制過度配適的情況發生(Phillips et al. 2006; Phillips and Dudík 2008)。在回顧了大約 150 項比較分布建模技術性能的相關研究後，與其他建模技術相比，MaxEnt 被視為是目前最可靠的物種建模技術之一(Hernandez 2006; Guisan et al. 2007; Pearson et al. 2007; Wisz et al. 2008; Costa et al. 2010; Marini et al. 2010; Gastón and García-Viñas 2011)。此模式近年來在亞洲也常被應用於各種熊的研究上(Doko et al. 2011; Nazeri et al. 2012; Puri et al. 2015; Su et al. 2018)。

三、臺灣黑熊之地理分布

臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)為亞洲黑熊分布在臺灣的亞種(Nowak 1991)，在臺灣野生動物保育法中列為瀕臨絕種之等級。由於各項人為的開發和活動干擾，以及棲息地破壞，相較於歷史上的豐富度和分布，臺灣黑熊已變得更加稀有和受到更多侷限(Wang 1990；王穎 1999；2000；Hwang and Wang 2006)，目前族群估計為數百隻(Hwang and Wang 2006；林容安 2013)。有鑑於頂級食肉動物的消失可能會導致生態系統連鎖效應，例如中型捕食者和獵物的釋放(Terborgh et al. 2001; Ripple and Beschta 2006; Duffy et al. 2007; Brook et al. 2008)，有關臺灣黑熊的行為、棲息地選擇和分布的研究，以及由此產生對其保育狀況的持續評估，對於臺灣生物多樣性的保育和研究而論，可謂當務之急。

此外，臺灣黑熊為臺灣唯一現存的大型食肉目動物，活動範圍廣大，保護其棲息地可以連帶保護活動範圍內的共域物種，是為庇護物種(umbrella species)，有助於有效的維繫生物多樣性。對於受威脅的物種如臺灣黑熊，掌握該族群的分布現況以及分布範圍變化，瞭解限制其分布的原因，將可以提供未來可能進行重要棲息地復育的位置和方式的選擇，以及

評估環境變化對於該族群的潛在影響。

最早期的臺灣黑熊調查研究始於王穎於 1988 年至 1993 年所收集的黑熊痕跡及目擊記錄，提供黑熊於本島的初步分布狀況，以及一般棲息環境特色(Wang 1999)。調查結果顯示野外目擊臺灣黑熊的頻度十分低(約每天 0.064%)，主要分布於中央山脈地區，並集中於 3 個高山型國家公園和 2 個自然保留區的範圍，顯示保護區對黑熊殘存族群的重要性。然而這些訪談資料常因抽樣方法的限制，所收集的動物分布資料受限於訪查單位或地區，以及人為活動可及的地區，加上樣本數十分有限，恐難詳實地反映此物種的地理分布情形。

於 1994 年舉辦的「臺灣黑熊族群與棲地存續分析保育研習會」中，國內外專家著手評估黑熊的棲地模式和族群存續性(王穎等 1994)。在基於十分有限的野外生態和族群資訊的情境下，該報告指出臺灣黑熊的族群處於「高度危險」的狀況，並粗略估計殘存數量約為 100-500 隻。

為了提供臺灣黑熊最新的空間分布資訊，臺灣展開系統性且密集式的全國調查，利用座談訪查、問卷、文獻等方法，收集近年來野外黑熊於全島的出現記錄。該研究收集總計 1,017 筆發現黑熊及其痕跡的紀錄，29.6% 於 1990-1999 年(第一期)，70.4% 則於 2000-2010 年(第二期)，第二期有熊格(1×1 km²)有 98% 位於國有林範圍內，抑或 73% 位於保護區系統內(黃美秀等 2010；蔡幸蓓 2011)。此調查成果對於臺灣黑熊在全島的地理分布區域和棲地利用模式提供了初步的基礎資訊。

2009 年首度利用 GIS 技術結合數值統計分析模型基因演算法(GARP)，分析系統性收集的全島 1990-2006 年的黑熊分布點位資料，建立分布預測模式(黃美秀等 2009)。分析本島除高雄市及臺北市以外海拔 100 m 以上的研究樣區，黑熊出現地區紀錄所屬的環境因素，包括海拔、坡度、植生指標、自然度指標、道路密度、離溪流最近距離、離道路最近距離，皆與研究樣區的環境屬性呈現顯著差異，顯示這些環境因素影響黑熊的分布所在，這不僅反映出動物的選擇性，也可能與人為有關的死亡率風險有關。研究

建議未來的預測模式除了應該加強有熊及無熊資料的精準度之外，同時應該整合人類活動類型及位置，尤其是非法狩獵壓力、食物豐富度(包括植物及動物)，以及不同類型道路系統等變因，以達更精確的分布預測。

研究團隊進一步利用 MaxEnt 模式預測黑熊近年來的分布地理狀況，並探討 1990-1999 年與 2000-2010 年二期的地理分布與棲地選擇之差異(黃美秀等 2010；蔡幸蒨 2011)。MaxEnt 所建構的二元性預測分布圖顯示，第二時期(2000-2010 年)為 8,588 km²，為臺灣本島面積的 23.3%，熊分布範圍主要位於中央山脈，海岸山脈只有極少且零星之區塊(一)。該研究結果也顯示，臺灣黑熊的棲地選擇傾向於利用海拔 1,000-3,500 m、坡度>30°，植生指數>0.8 的環境，偏好山地闊葉林、針闊葉混淆林、針葉林的植被，並且迴避道路密度高及道路附近區域(蔡幸蒨 2011)。此模式預測分布圖與部落訪談當地居民有關附近山區黑熊分布的狀況十分一致。相較於第一期的預測分布圖，黑熊於後期除了在中部丹大野生動物重要棲息環境一帶的範圍較小且破碎化之外，其他地區的分布似乎有擴張之趨勢。根據野外調查紀錄和預測模式分布圖的結果，該研究建議北部的雪霸—太魯閣國家公園，以及南部的玉山國家公園和關山野生動物重要棲息地範圍為目前臺灣黑熊分布的重要熱點，並建議各區應該視族群狀況設立不同類型基準(benchmark)，以進行有效的監測和經營管理(黃美秀等 2010)，此乃目前有關臺灣黑熊地理分布最詳盡的資料。

上述研究迄今已超過 10 年，有鑑於野生動物族群、地理分布狀況以及各項環境因素皆會隨時間改變，保育政策需不斷地檢討並評估受威脅物種的野外族群現況，故實有必要重新檢視野外族群的地理分布情況，以利施行適當的經營管理及保育措施。為了增加預測小族群物種分布模式的準確性及適用性，本計畫延續前期的研究，蒐集 2011 年以來臺灣黑熊目擊和各式出沒資料，以更新全島的地理分布資料，並利用最新的各項環境圖層資料，以完成開發更合適的分布預測模式，並瞭解可能影響棲地選擇的因素。

四、臺灣人熊關係

根據國際自然保育聯盟國際專家小組對人熊衝突(human-bear conflicts)之定義：(1)野生的熊使用或是破壞人類的財產；(2)野生的熊傷害人類；(3)人類將野生的熊視為對他們財產及安全直接的威脅(IUCN SSC BSG 2019)。即任何會對人類生活，包含健康、經濟及社會文化層面等帶來負面影響的人熊互動行為，皆屬之(Krofel et al. 2020)。雖說發生於世界各地的人熊衝突種類都不盡相同，也很難量化實際的趨勢，然人熊衝突似乎被認為是有增加的，並且被多數專家認為對保育熊類具有負面的影響(Hristienko and McDonald 2007; Can et al. 2014)。在管理上，有效、長期處理人熊衝突的方法則需要能夠整合人類和熊的需求和行為的資訊，並聚焦於導致此衝突的根本原因。因此，瞭解熊在與人類相遇時的反應的研究有助於民眾和管理當局瞭解正常的熊行為，遇到熊時的行為，以及如何防止發生不愉快的相遇或危險情況(Swenson et al. 1999; Støen et al. 2022)。

臺灣有關人熊衝突的研究相對有限。分析國內目擊野外黑熊案例的結果顯示，人熊相遇大多發生於 50 m 的距離內(66%, n=181)，且當人發現到熊時，熊通常已經注意到人的存在了(71%)。國人遇到黑熊之後的反應，多數採取靜止(50%)、緩慢離開現場和快速逃跑(26%)，也有少數人會發出聲響或吼叫或觀看、照相，甚至主動接近或追捕熊的情況。但不論人做出了何種反應，近一半(48%)的熊會離開現場，有的則維持原先的活動或注視人(38%)，並無發生熊主動接近人的情況。對於目擊者採主動趨近或製造聲響，黑熊皆是採迴避的反應(黃美秀等 2010)。

影響熊對於人的行為反應和距離受很多因素左右，國外研究指出相關因素包括：(1)與人有關的因素，如相遇時人的活動、組成大小、人對熊的行為、是否攜帶遏制劑；(2)環境有關的因素，如相遇狀況、食物密度、食物可得性、季節、時間、與能見度有關的地形和環境、同種個體的存在；(3)與熊有關的因素，如種類、性別、族群密度、過去與人之經驗、遺傳、個體社會地位、情緒、預期值、對人的習慣化(habituation)和敏感化

(sensitization)、飽食狀況(Herrero et al. 2005)。在臺灣，由於黑熊在大部分地區的密度皆偏低，類似相關的研究資訊仍顯不足。

雖然在臺灣鮮少聽聞黑熊無緣由地攻擊人，而導致人傷亡的情況。然在少數地區，如玉山國家公園東部園區，人遇熊的機會似乎比其他地區稍高，且近年黑熊目擊通報的紀錄似乎有增加的趨勢。人熊的互動關係是否有因時代或環境而發生改變，例如某些地區因傳統的人熊關係逐漸改變(即獵熊活動漸趨減少)(Hwang 2003)，而影響黑熊對人的經驗，則需藉由長期的人熊關係監測系統方得以釐清。因此，臺灣人熊相遇的行為和情境分析，仍有待更多樣本資料收集，以利提供相關野外人熊共存的安全管理建議，避免不愉快的遇熊經驗。

五、計畫目標

本計畫旨在蒐集 2011 年以來臺灣黑熊目擊和各種出沒資料，以勾勒最新的全島地理分布狀況，並利用最新的各項環境圖層資料，以建立並更新其分布預測模式，分析和瞭解可能影響此物種分布的各式環境因素。同時進一步分析和比較本期與前期臺灣黑熊分布預測圖的範圍變化，並釐清族群潛在擴張或衰退的區域。此外，藉由目擊黑熊的情境分析，瞭解人熊相遇時的狀況和行為。最後，期冀藉由相關教育宣導與座談會等活動，加強相關有熊資料收集之餘，強化相關管理單位和民眾對黑熊生態習性的瞭解，以達促進提升監測及保育臺灣黑熊野生族群之目標，並根據研究成果提供相關經營管理建議。

貳、研究方法

一、黑熊出現紀錄

為瞭解臺灣黑熊近年來的地理分布狀況，本研究蒐集全臺灣 2011 年 1 月 1 日至 2023 年 7 月 31 日的所有黑熊出現紀錄。黑熊出現(presence)紀錄以獨立事件作為樣本單位。我們從各種可能的管道取得相關的熊出現紀錄，並將資料歸類為 10 種不同的蒐集來源，以及 5 種類型。

(一)資料來源及搜尋方式

1.政府研究調查資料庫平台

以臺灣黑熊物種層級搜尋國內各個生物多樣性資料庫平台登錄的黑熊出現紀錄，申請並下載未模糊化的原始資料。我們搜尋 5 個資料庫平台，包含 TaiBIF 臺灣生物多樣性資訊機構(<https://portal.taibif.tw/>)、TBN 臺灣生物多樣性網絡(<https://www.tbn.org.tw/>)、林業及自然保育署生態調查資料庫(<https://ecollect.forest.gov.tw/>)、國家公園生物多樣性資料庫(<https://npgis.cpami.gov.tw/>)、濕地環境資料庫(<https://wetland-db.tcd.gov.tw/>)。

在此政府研究調查資料庫中，我們沒有納入野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤資料，而將此部分資料與本研究團隊其他尚未公開的資料合併，另歸納成一資料來源—野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤(詳見後續第 9 項)。

2.政府研究調查報告

雖透過上述已取得政府研究調查資料庫之黑熊出現紀錄，但實際檢視相關調查成果報告時，我們發現上述資料庫仍有缺漏、不完整的情況。遂同時回顧政府或民間的相關野生動物調查結案報告或出版品，蒐集有調查到黑熊的紀錄以補齊缺漏。

首先，至政府研究資訊系統(Government Research Bulletin, GRB)研究計畫一覽表(<https://www.grb.gov.tw/GRB/execOrgSearch.jsp>)，進階搜尋 2011 年 1 月至 2023 年 7 月期間，研究領域為生物科學或自然生態保育的所有

研究計畫，下載和野生動物調查相關之報告(全文 PDF 檔案)，再逐篇以關鍵字「黑熊」、「熊」搜尋任何有關黑熊的出現紀錄。

除了 GRB 外，我們也搜尋了林業及自然保育署網頁的研究計畫成果、玉山國家公園、雪霸國家公園、太魯閣國家公園、退輔會榮民森林保育事業管理處(現已整併至林業及自然保育署)官網的計畫成果報告，並以上述相同方式搜尋資料。

3. 政府未公開資料庫

除了上述 2 類公開的資訊之外，為加強自然資源相關管理單位內部可能掌握的未公開有熊資料，研究團隊亦行文至相關主管機關，惠請彙整及提供其管轄範圍內的黑熊出現紀錄，包括林業及自然保育署，以及玉山、雪霸和太魯閣 3 個國家公園管理處提供的各式黑熊出沒資訊(附錄二)。政府未公開資料庫在此已排除該政府單位委辦且公開的計畫成果，而包含民眾通報官方的紀錄，或黑熊救傷或通報死亡案件，以及地檢署起訴書等。同時惠請上述單位提供曾經目擊黑熊的人員資料，以作為後續人熊關係問卷收集或訪談的對象。

4. 台灣黑熊保育協會有熊通報系統

台灣黑熊保育協會網站之有熊通報系統於 2017 年上線(<https://www.taiwanbear.org.tw/questionnaire>)，任何人皆可於網頁填寫臺灣黑熊的各種出現紀錄，如目擊或各種痕跡等。我們於 2022 年更新及利用此平台，作為本計畫針對一般民眾收集有熊通報的資料管道。

為了加強有熊通報平台的推廣和資料收集，我們將通報系統資訊發布於登山社團、相關生態學術等社團的網路社群中。同時行文至全臺 74 個單位，如登山用品店、登山社、商業登山隊、環境生態 NGO，鼓勵民眾於有熊通報系統登錄黑熊出現紀錄(附錄三、附錄四)。除了有熊通報系統平台外，亦有少數民眾主動聯絡台灣黑熊保育協會，無論是透過電話、臉書粉絲團私訊等方式，亦皆歸類為此資訊來源。

另為提升民眾通報的意願，本計畫設計臺灣黑熊通報臂徽一組，作為鼓勵通報的回饋獎品。同時為提升國人對於臺灣黑熊野外痕跡的辨識技能，我們也設計一份摺頁作為教育推廣之用。

5. 「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座

為加強有熊資料收集並推廣有熊通報系統，以及相關的人熊安全宣導，本計畫於 2022 年行文至全臺 54 個戶外活動相關的組織及企業(附錄三)，透過公開報名的方式邀集辦理免費黑熊保育講座。

後續分別在登山社團和林業署分署分別舉辦 16 場和 4 場的講座。講座為時 1-1.5 小時不等，內容涵蓋臺灣黑熊簡介、遇到熊的處理方式、有熊通報系統、填寫黑熊出現紀錄等。講座中同時收集相關與會者的有熊紀錄資訊(附錄五、附錄六)。

6. 私人通訊

私人通訊包括有些民眾或研究者會主動與本研究團隊「屏東科技大學(簡稱屏科大)野生動物保育研究所黑熊研究團隊」聯絡，提供私人觀察或調查到有關黑熊的資訊。另有少數政府研究計畫尚未結案，相關研究人員私下提供黑熊出沒資訊，亦歸於此類。

7. 訪查

研究團隊於執行野外研究調查或於環山地區的社區部落遇到登山客或民眾時，逢機訪問及瞭解黑熊出沒的狀況。期間我們亦利用滾雪球的方式，從受訪者或周遭親友得知其他適合訪查的對象，包括訪問部落中具豐富野外經驗的原住民或者老等。

受訪者說明發現黑熊之相關細節，若無保留該紀錄的座標位置，則利用準備好的臺灣地理人文全覽圖(上河文化團隊 2012)或手機的 GPS APP 中指出確實地點，直接登錄點位或網格座標資料於問卷或資料庫內。

8. 社群平台(social media)

利用網路資訊發達之便，我們以網路搜尋引擎 Google, Yahoo, Microsoft

Bing，以關鍵字「臺灣黑熊」、「黑熊」、「母熊」、「熊腳印」、「熊爪痕」、「熊排遺」、「熊痕跡」等字詞搜尋熊出沒資訊。同時在 Google 搜尋引擎建立「黑熊」快訊，當系統找到即時的相符搜尋結果時，就會自動傳送電子郵件給我們。同樣的關鍵字搜尋方式，亦應用於網路社群平台，如臉書 Facebook, Instagram, Twitter, Youtube 等。我們亦搜尋野外活動相關的網路部落格(例如健行筆記、登山補給站等)，提及臺灣黑熊出現紀錄的文章、照片、影片。

所有透過社群平台搜尋到的黑熊紀錄，除了能清楚記敘確切的黑熊出現資訊外，研究團隊皆會盡可能進一步和記錄者聯絡，以確認該筆資料的真實性，以及其他相關必要資訊(如正確點位等)。

9. 野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤

本研究使用屏科大黑熊研究團隊之野外臺灣黑熊捕捉繫放和人造衛星定位點資料，這也是國內目前唯一的資料來源。此資料來源不包括經救傷後再野放的個體的追蹤資料，因為這些案例可能涉及移地野放，或無法確認該個體原活動區域，故不採用。

這些相關資料的研究計畫包括：(1)2014 年至 2018 年間，科技部「分析與建構臺灣黑熊核心族群之永續力-人造衛星無線電追蹤臺灣黑熊之移動及棲地利用模式」計畫，於玉山國家公園捕捉繫放 9 隻黑熊個體(葉子維 2020)；(2)2019-2021 年，玉山國家公園管理處「108-110 年度鳥瞰臺灣黑熊：玉山國家公園臺灣黑熊人造衛星追蹤暨生態監測計畫案」，於玉山國家公園捕捉繫放 6 隻黑熊個體(黃美秀等 2022；其他尚未發表資料)；(3)2015-2019 年和 2022-2023 年，「大雪山地區臺灣黑熊之族群監測和保育宣導」，陸續於大雪山森林遊樂區捕捉繫放 10 隻黑熊個體(黃美秀等 2017；黃美秀、林宛青 2019；其他尚未發表資料)。

10.屏科大黑熊研究團隊監測資料

除了上述各項資料來源外，屏科大黃美秀教授研究團隊自行觀察記錄，以及其他尚未結案發表的黑熊出現紀錄皆屬之。

(二)熊出現紀錄類型(屬性)

將蒐集到的熊出現紀錄根據其屬性歸類為 5 種類型，包含痕跡、目擊、自動相機、人造衛星追蹤和捕捉繫放點、通報救傷和死亡。在一獨立有熊紀錄事件中，所屬類型彼此不重複，為互斥(exclusive)屬性。

1.熊痕跡

野外黑熊活動所留下的痕跡，包含 7 項次要類型：爪痕、排遺、折枝、腳印、食痕、熊窩、其他。在野外，不同類型痕跡遺留可被偵測的時間和難易程度不一，其中以樹上熊爪痕可被發現持續期間最長，私人觀察紀錄有時可達 7-8 年。黑熊活動時，有時現場會有 1 種以上的不同痕跡，如熊爬上樹折枝吃果實，樹幹上有熊爪痕，樹下有熊排遺，以及折斷的樹枝。因此，我們將新鮮痕跡程度相近，同一地點附近(通常距離 50 m 內)無法排除為不同個體所留者歸類為同一事件。

食痕包含熊取食野外自然食物所留下的痕跡，例如黑熊扒挖野蜂窩(地面或樹幹內)的痕跡，樹上折枝吃果實，但也不乏有熊啃咬人類食物、容器及垃圾的痕跡，如翻找垃圾、鐵鋁罐上的咬痕、棄置汽油塑膠桶咬痕等。

痕跡紀錄必須檢附相關照片，可供研究團隊明確地辨識為臺灣黑熊之活動痕跡方納入資料分析使用。熊吼聲的辨識通常容易受到當下環境以及當事人的經驗影響，且通常欠缺音訊檔，故不列入本研究分析內。

2.熊目擊

野外目擊自由活動且無須採取救援行動的野生黑熊。目擊者需提供目擊影像的證據，或能清楚敘述出目擊物種的外貌、行為符合黑熊的特徵，才納入分析。若單一獨立事件同時擁有目擊和痕跡，只選取目擊資料列為分析。

3.人造衛星追蹤及研究捕捉繫放

屏科大黑熊研究團隊自 2014 年至 2023 年 7 月陸續於玉山國家公園和大雪山森林遊樂區進行捕捉繫放，並利用人造衛星定位追蹤野外黑熊。期間總計捕捉繫放 25 隻個體(15 雄 10 雌)，每隻個體追蹤定位時間為 3-25 個月不等。

除了採用個體首次被捕捉到的陷阱點位，並挑選人造衛星定位點位。為避免捕捉個體於剛繫放後的移動無法反映其自然移動，故採用繫放後第 4 天的人造衛星追蹤定位點。另為了減少定位點自相關(autocorrelation)的問題，並考量各類資料樣本數的分布性，針對每隻個體每月(有 10 筆以上定位點的月份)僅隨機挑選一個點位。

4.自動照相機

自動相機資料乃利用紅外線自動相機拍攝，經辨識後確認為臺灣黑熊，並且有相機座標之紀錄。此資料以有效照片張數作為樣本單位，但其於各研究的定義不盡相同。根據林務局綠網建置「臺灣中大型哺乳動物族群監測網」的定義，即同樣點 1 小時內拍攝得之同一物種，不論隻數皆視為 1 筆有效照片紀錄，不區分獨立個體(古馥宇 2018)。另亦有研究設定為 0.5 或 1 小時內，或考量區分是否為同一動物個體者。考量上述差異，以及確保自動相機類型資料的獨立性，後續將蒐集到的有效照片再進行篩選，針對每個相同座標的相機，每月僅採用第一筆資料。

5.通報救傷和死亡

(1)救傷

國內通報野外黑熊活體需要採取救援行動(如醫療、照養)時，目前負責的管理單位皆由林業署各分署負責。救傷黑熊依當時情境有 3 種狀況：(a)狩獵或野生動物危害防治之誤捕：為野外黑熊受困於陷阱上(狩獵用途或為防範農損所施放)，需要解除陷阱，以及進一步醫療或照養的案件。(b)醫療：野外自由活動黑熊可能因病而須進行醫療救援的案件。(c)孤兒熊：野外自由活動但落單的幼熊，唯恐尚無獨自生存的能力，需要人為介入收容照顧至有自行生存能力，再行野放的案件。

(2)死亡

紀錄為已死亡的野外黑熊，根據死因區分為 3 類。若死亡個體於溪床被發現，疑似有可能被溪流沖刷，恐無法追溯真正死亡地點，此資料雖採用但不納入後續分布模型分析。(a)人為致死：因人類活動直接導致黑熊死亡，如狩獵活動等。(b)自然死亡：死亡熊個體經推測可能為自然死亡，包括疾病等。(c)不明原因：無法釐清個體死亡原因。

(三)有熊出現紀錄確認和處理

間接取得的有熊資料如政府研究調查資料庫、政府研究調查報告、政府未公開資料庫的有熊紀錄，除非檢附相關影像可供辨識參考，我們假設相關單位或研究者已考證過資料的可信度，加上這些來源資料追蹤不易，而不再另做確認。

除了上述以外的其他來源資料，我們都會確認是否確實為黑熊出現紀錄。這些熊目擊紀錄須聯繫目擊者，目擊者須提供目擊影像或清楚敘述出目擊物種的外貌，行為符合黑熊的特徵才納入分析。痕跡紀錄必須提供可清楚辨明為臺灣黑熊的相關痕跡照片。若資料第一時間無法確認是否為黑熊或其痕跡，則陸續徵詢過至少 3 名富野外黑熊研究經驗的工作人員提供辨識意見，若仍有疑慮，則列入「無法確定」，並不列入後續資料分析。對於利用黑熊通報系統或私下提供研究團隊的熊通報資訊，研究團隊經確認

後，皆會回覆資料提供者審查結果：是熊、不是熊、無法確定，以及可能的相關說明。本研究僅採用確認為黑熊的資料進行後續分析，極少數無法確定是熊的案例暫不進行分析。

1. 熊出現紀錄準確度

不是所有資料提供者皆能提供精確的位置座標，有時僅是地點或區域的描述，如某林道 5K 附近。所有熊資料根據出現位置與座標之間的誤差，將出現位置準確度分為 4 級：

(1) 精準點位

提供精確 GPS 座標或出現位置誤差 100 m 以下。

(2) $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格

無提供準確 GPS 座標，但出現位置誤差大於 100 m，小於 1 km^2 。

將發現地點對應到 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格，座標首先以通報者的發現地點描述投放適當座標，若發現地點無明顯地標，則以該網格中心點代替。

(3) $2 \times 2 \text{ km}^2$ 網格

無提供準確 GPS 座標，但出現位置誤差大於 1 km^2 ，小於 4 km^2 。故將發現地點對應到 $2 \times 2 \text{ km}^2$ 網格，統一以 $2 \times 2 \text{ km}^2$ 網格範圍內，左下方之 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格為代表，座標以該網格中心點代替。

(4) 大於 $2 \times 2 \text{ km}^2$ 網格

無提供準確 GPS 座標，出現位置誤差大於 4 km^2 。此類資料準確度遠低於本研究分布模型分析的網格大小($1 \times 1 \text{ km}^2$)，故不納入後續分布模型分析。

2. 去除重複紀錄

為避免來源或類型不同的有熊紀錄有資料重複的情況，處理流程如圖 1。

(1) 去除不同來源的相同事件

研究調查資料庫和研究調查報告有重複案件、政府未公開資料庫和台灣黑熊保育協會有熊通報系統有重複案件等。不同來源獲得的有熊資料經過交叉比對後找出重複案件，僅保留第一時間取得的資料來源。若無法分辨資料取得時間，則依順序去除資料來源順位較低的重複案件。順序依序為：政府研究調查資料庫、研究調查報告、政府未公開資料庫、台灣黑熊保育協會有熊通報系統、「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座、私人通訊、訪查、社群平臺、野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤、屏科大黑熊研究團隊監測資料。

(2) 去除重複記錄的相同痕跡

延續流程(1)，若案件資訊指出為相異案件，但為了避免相同痕跡被不同人或不同時間重複記錄，依據痕跡類型、痕跡外觀、痕跡新鮮度、痕跡所在的樹種，判斷是否為同一個痕跡。若無法區分是否為同一個痕跡時，以 GPS 於山區的定位精準度為參考，距離 30 m 內的痕跡案件，僅選取一個案件納入分析。

(3) 合併非獨立事件

延續流程(2)，案件資訊指出為相異痕跡案件，但痕跡新鮮度相當，懷疑為同一個體所留時，距離 50 m 以內的痕跡案件，僅記為 1 筆紀錄。

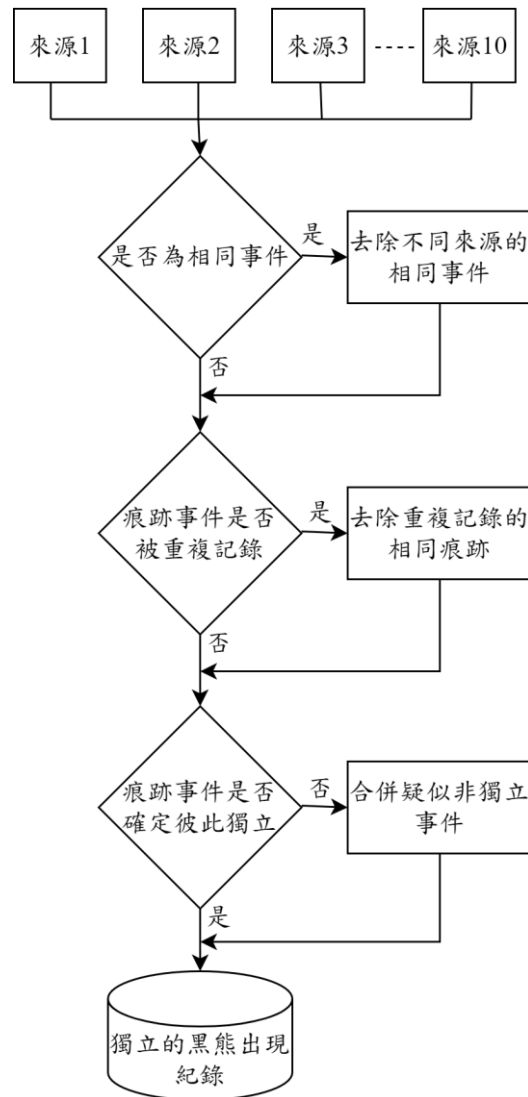


圖 1、針對有熊紀錄重複資料之處理流程圖。

3. 資料分析

就有熊點位的棲地環境分析來看，避免精準度較差之點位恐導致棲地環境誤差，本計畫原則上僅使用精準點位分析，其它精準度較差之點位若含有提供者的現地觀察值我們也列入分析。森林類型乃利用第四次森林資源調查成果(農業部林業及自然保育署 2017)疊圖為研判基礎，若有不足再輔以參考土地利用圖層(內政部國土測繪中心 2012)，或資料提供者的現地觀察資訊，以及搭配 Google 衛星雲圖校正研判。分析上，我們將棲地環境分成闊葉林、針闊葉混合林、針葉林、竹林、草生地、裸露地、河川湖泊、農地、道路、山屋、其他人為建物(如聚落、觀景臺等)等 11 種類型。

二、人熊互動關係

為瞭解人與野生臺灣黑熊遭遇的情況，以及人、熊雙方的行為反應，針對目擊熊的有熊資料，研究團隊會設法聯絡到提供黑熊資訊的當事人進行訪談，確認資料之可信度並釐清相關資訊。若無法聯絡上當事人，則暫不採用該資料。

訪談採取半結構式(semi-structured interview)(May 2001)以電話或當面訪問聯絡上的當事人，以前人研究的問項(黃美秀等 2010)修改後的訪綱(附錄七)以開放式問答(open-ended questions)進行提問，問題包括受訪者目擊熊的時間、地點、熊的活動行為、以及人熊相遇後雙方的反應等。

有鑑於人熊關係相關的用詞或術語各家定義不一，常造成混淆或誤解，參考前人研究定義(Smith et al. 2005; Hopkins et al 2010)說明如下表 1。

表 1、本研究有關人熊經營管理(human-bear management)常見的詞彙和說明(主要參考 Smith et al. 2005; Hopkins et al. 2010)。

詞彙	說明
人熊衝突 (human-bear conflict)	當熊表現出與壓力有關的或好奇的行為，而可能導致人採取極端迴避行為(Schirokauer and Boyd 1998)，或是熊與人有身體接觸或表現出明顯的掠奪行為(predatory behavior)，或被人傷害或殺害(但不包括合法狩獵)。
人熊互動 (human-bear interaction)	當人和熊相互意識到對方時。
熊威嚇行為 (aggressive bear)	熊表現出挑釁或威嚇行為。在人類與熊的互動過程中，熊可能會透過表現出威嚇性行為(例如，直接接近人類、虛張聲勢(bluff-charging)、顫動下巴或張嘴(jaw or lip-popping)、跺前腿、大聲發聲、轉圈、強烈凝視、流口水、非掠食性攻擊)來威脅人類。
(1)熊防禦性威嚇行為 (defensive-aggressive bear)	熊在受到激怒時，表現出威嚇行為(如保護幼獸、確保安全)。
(2)熊攻擊性威嚇行為 (offensive-aggressive bear)	熊在沒有被激怒情況下，表現出威嚇行為(如掠奪性攻擊、聲張優勢地位、從人奪走食物)。
迴避行為 (evasive behavior)	在人與熊的互動過程，熊或人透過逃跑或迴避來應對。
掠奪性的熊 (predatory bear)	指捕食或試圖捕食人類的熊。據稱其行為為「搜尋、追蹤或測試、攻擊(捕捉)、殺死、拖曳人、埋葬，以及以人為食」(Herrero and Higgins 2003)。
熊攻擊 (bear attack)	熊故意接觸人身，並導致人類受傷的行為。
熊事端(或事故) (bear incident)	熊造成財產損失、獲取人類食物、殺死或試圖殺死牲畜或寵物、或車輛碰撞的人熊衝突事件(Gunther 1994; Schirokauer and Boyd 1998; Gunther et al. 2004; Wilder et al. 2007)。
問題熊 (problem bear)	指重複造成熊事端或意外事件的熊。通常是因為熊已失去對人類的恐懼，並在尋找食物時，造成人類的財產損失。
熊習慣化 (habituated bear)	由於熊反覆暴露於人為刺激，而未造成重大後果，因此對人類幾乎沒有或沒有明顯反應(Herrero et al. 2005)。
人類食物 (anthropogenic or human food)	指人類的食物資源，例如垃圾、寵物食物、農作物、家畜、餵食野生動物的飼料等。

三、臺灣黑熊分布預測模式

本研究使用之環境變數與前期研究(蔡幸蓓 2011)相較，增列與河流最近距離、土地利用和植被類型等環境因素；另與中央山脈保育廊道距離也和前期研究採用的與高山型國家公園距離因素不同。物種分布預測模型係計算環境變數與物種出現點位在不同環境梯度下的反應曲線，預測結果將大幅受到所選擇的環境變數影響，因此本研究也將新的變數應用前期的資料，重新預測前期的全島黑熊潛在分布情況，並進行前後兩期之比較。

(一)環境因子

回顧國內外森林性熊類分布預測、棲地選擇之相關文獻，並且考量臺灣相關環境圖層的可得性，本研究選出 10 類共 14 項與臺灣黑熊生態棲位相關之環境因素。自然因素包括海拔、坡度、坡向、森林類型、植生指標、與河流距離；人為因素後者包括與道路距離、道路密度、與中央山脈保育廊道距離、兩項土地利用類型。所有環境因子圖層分別透過 QGIS 3.28.3(Quantum GIS)以及 R 4.2.3(R Core Team 2023)進行操作分析，圖層投影座標為 TWD97(EPSC:3826)，解析度皆重新解析至 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 。以下分別說明各變數，及其來源和資料處理方式：

1.海拔

在不同海拔梯度下，季節性自然食物資源分布與組成不同，人為干擾類型及頻度(如遊憩及農耕活動)常有所不同，可能是影響熊科動物分布及對棲息地的利用的關鍵因素之一(Pop et al. 2018; Gantchoff et al. 2022; Ashrafzadeh et al. 2023)，包括臺灣黑熊(蔡幸蓓 2011；彭筱晴 2022)。本研究圖層取自 20 m 臺灣數值高程模型(<https://data.gov.tw/dataset/160361>，內政部地政司 2016)，利用 QGIS 的 r.resample 功能將數位高程模型圖層降解析度為 $1 \times 1 \text{ km}^2$ (單位：m)。

2.坡度

坡度代表地形的平緩陡峭程度，除了影響植物的組成和演替之外，也

會影響動物的分布、移動及利用(Stage and Salas 2007; Sahlén et al. 2011; Zarzo-Arias et al. 2019; Ahmadipari et al. 2021; Zarzo-Arias et al. 2022)。本研究圖層取自 20 m 臺灣數值高程模型(<https://data.gov.tw/dataset/160361>，內政部地政司 2016)，使用 QGIS 的 `r.resample` 功能將數位高程模型圖層降解析度為 $1 \times 1 \text{ km}^2$ ，透過 `slope` 功能計算坡度(單位： $^{\circ}$)。

3.坡向

坡向會影響太陽照射角度，以及光照時間，進而影響為棲地的濕度、溫度、林相、食物資源等(Stage and Salas 2007)。過往的研究指出坡向可能影響熊的分布、冬眠位置，以及食物資源可得性(Linnell et al. 2000; Lyons et al. 2003; Nielsen et al. 2004; Aryal et al. 2012；彭筱晴 2022)。圖層取自 20 m 臺灣數值高程模型(<https://data.gov.tw/dataset/160361>，內政部地政司 2016)，使用 QGIS 的 `r.resample` 功能將數位高程模型圖層降解析度為 $1 \times 1 \text{ km}^2$ ，透過 `aspect` 功能計算坡向(單位： $^{\circ}$)，可得數值 0° 至 360° 。再根據其值分為八方位，依序為北： 337.5° - 22.5° ；東北： 22.5° - 67.5° ；東： 67.5° - 112.5° ；東南： 112.5° - 157.5° ；南： 157.5° - 202.5° ；西南： 202.5° - 247.5° ；西： 247.5° - 292.5° ；西北： 292.5° - 337.5° ，使用 `Reclassify by table` 功能將其依序指定為 1-8 的整數數值。最後利用 `Rasterize` 功能將向量圖層轉成網格圖層。

4.森林類型面積比率

森林類型會影響黑熊潛在植物性食物種類及組成，並影響臺灣黑熊棲息地利用情況(Hwang et al. 2002；吳尹仁 2007；Hwang et al. 2010；蔡幸蒨 2011；黃美秀、林宛青 2019)。本研究的森林類型依據林業署於民國 97 年到 102 年進行調查的第四次森林資源調查結果(農業部林業及自然保育署 2017)，依據其第二層分類的森林林型分類(`TypeName`)：除了原始分類的闊葉林、針葉林、針闊葉混合林 3 類之外，將竹林、竹闊混淆林、竹針混淆林、竹針闊混淆林等，合併成竹木混合林，以下簡稱竹林，共計 4 種森林類型，其餘分類則不使用(附錄八)。

使用 R 軟體中的 sf 套件之 st_intersection 功能將森林向量圖層與全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格做交集，再使用 st_area() 計算面積，並加總每個網格內的各項森林類型面積，再計算每 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格中各種森林類型面積比率。資料來源取自農業部之農業開放資料平臺所提供的第四次森林資源調查全島森林林型分布圖(https://data.coa.gov.tw/open_detail.aspx?id=E31)。

5. 植生指標

常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)係透過衛星影像數據的近紅外光(Near infrared, NIR)及紅外光(Infrared, IR)兩種光譜計算得出的數值，其公式為 $\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$ ，可用來評估植被生長狀況及生產力(Leprieur et al. 2000; Jiang et al. 2006)。研究常顯示 NDVI 為影響森林性熊棲地利用或分布的重要變因，包括臺灣黑熊(蔡幸蒨 2011；葉子維 2020；Gantchoff et al. 2022；彭筱晴 2022)。資料來源透過歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)之開放資料庫(<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>，European Space Agency 2023)，取得 Sentinel 2A 全臺灣雲覆蓋度 $<1\%$ 的衛星影像圖層。接著藉由 QGIS 的 raster calculator 功能計 NDVI 數值。

6. 與河流最近距離

水資源是生物生存所必須的基本資源，有些熊類的分布或棲地利用受其影響(Ansari and Ghoddousi 2018；葉子維 2020；彭筱晴 2022)。河流資料來自經濟部水利署水利地理資訊服務平台網站(<https://gic.wra.gov.tw/Gis/gic/API/Google/Index.aspx>，經濟部水利署 2008)中的河川(河道)、河川(支流)資料。利用 QGIS 的 Merge vector layers 功能合併主要河道及支流的向量圖層，再以 NNJoin 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格中心座標與河流的距離(單位：m)。

7. 道路密度

道路是造成棲地破碎化的主要原因，也增加了遊客、狩獵等人類的可

及度，且經過道路兩側之動物亦有被路殺之可能(Van Manen et al. 2012)。國內外諸多文獻指出熊類在不同程度上會避開道路(Ratnayeke et al. 2007；蔡幸蒨 2011；Wang et al. 2015；Scotson 2017；葉子維 2020；彭筱晴 2022)。本研究之道路定義為一般民眾可行駛四輪車輛通行之道路，至於步道及不開放汽車通行的管制道路，則不納入分析，以避免對黑熊較無實質阻隔效果的道路被納入計算。林道部分，檢視林業署所管轄的 81 條林道，並依農業部林業及自然保育署林道管制執行要點所設立的林道管制點(管制哨、柵欄)作為是否屬道路的切點，管制點以後的林道則不視為道路；未設立管制點的林道依各林業分署所提供之車輛通行終點資訊作為道路切點。

道路圖層資料來自勤崙科技股份有限公司之行動商務電子地圖(PaPaGO Map)，該圖層資料庫中包含國道、快速道路、省道、縣道、產業道路以及一般道路，但亦包含了林道、健行步道(例如清代八通關古道)，以及無名道路。在道路圖層篩選後，使用 QGIS 的 Sum line lengths 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格內道路總長度(單位： m/km^2)。少數路段有暫時性開通情況，如丹大聯外道路至七彩湖一段於 2023 年全面開放而不做人車管制；南橫公路於 2022 年 5 月 1 日開放通行，雖有進行相關管制措施，但開放通行期間仍有相當多的車流量及人潮，遂將二者皆視為道路。

8. 與道路距離

道路圖資與前項道路密度相同，依道路定義篩選後使用 QGIS 的 Rasterize (overwrite with fixed value)功能，配合全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格，產生網格化的道路，再使用 QGIS 的 Proximity (raster distance)功能，計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格與道路相隔距離(單位： m)。

9. 與中央山脈保育廊道距離

保護區對於移動範圍廣闊的動物通常具有一定的保護效用，過去研究亦指出臺灣黑熊主要分布在中央山脈，且近半數位於保護區之內(黃美秀等 2008)。為了釐清保護區對黑熊分布的影響，本研究將「中央山脈保育廊道」

納入考量。由北至南的共 14 個大小不一的保護區，包含插天山自然保留區、棲蘭野生動物重要棲息環境、雪霸國家公園、太魯閣國家公園、雪山坑溪野生動物重要棲息環境、瑞岩溪野生動物重要棲息環境、丹大野生動物重要棲息環境、玉山國家公園、鹿林山野生動物重要棲息環境、玉里野生動物保護區、關山野生動物重要棲息環境、出雲山自然保留區、雙鬼湖野生動物重要棲息環境、大武山自然保留區等保護區系統(附錄九)。

本研究以 QGIS 的 NNJoin 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格中心座標至中央山脈保育廊道的距離(單位：m)。

10.與土地利用類型距離

自然棲地轉換成人類佔據的土地利用，被視為世界生物多樣性最大的威脅(Pereira et al. 2010)。人類改變熊類的天然食物供應量最有影響力的方式之一，即為改變土地利用類型(Nielsen et al. 2004; Cristescu et al. 2016)，而有些研究亦指出熊會避開人類主導的地景環境(Wang et al. 2015; Zarzo-Arias et al. 2022)。

本研究使用內政部第二次國土利用調查結果(內政部國土測繪中心 2012)並依據 2006-2015 年之土地使用分類系統層級式樹狀結構中的第 I 級和第 II 級分類來重新定義，並區分為 2 類：農地及人為建物(附錄十)。Thurfjell et al. (2014)指出，若是物種在森林之外的環境活動，僅用類別變數來描述環境可能會得到違反對物種認知的估計，然利用與環境邊緣距離的連續變數便能更好地敘述物種行為，並評估邊緣棲地對其吸引力，故本研究使用 QGIS 的 Rasterize (overwrite with fixed value)功能，配合全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格，產生網格化的土地利用分類，再使用 QGIS 的 Proximity (raster distance)功能，產生與 2 類土地利用類型相隔距離的網格圖層(單位：m)。

為了避免各項環境因子之間的多元共線性，我們計算各因子之間的皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient)，若變數之間相關係數 ≥ 0.7 ，則僅保留對黑熊更具有生態意義之變數(Dormann et al. 2013)。相關檢定分析的結果顯示，針葉林面積比率分別對海拔及闊葉林面積比率有高度相關，

而與道路距離和與人為建物距離二因素亦有高度相關(附錄十一)。因此，本研究遂去除針葉林面積百分比和與人為建物距離 2 項變因，最後共計利用 12 種環境因子建立物種分布預測模型，簡要說明如表 2。

表 2、建立臺灣黑熊分布預測模式所利用的各項環境因子圖層說明以及資料來源。

項次	變因(代碼)	單位	範圍	說明
1	海拔(elevation)	m	2 - 3,662	圖資取自內政部 20 公尺臺灣 DTM，使用 r.resample 功能將 DTM 降解析度為 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 。
2	坡度(slope)	°	0 - 33	利用上述之 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 解析度之 DTM，以 slope 功能計算坡度。
3	坡向(aspect)	等級	1 - 8	利用上述之 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 解析度之 DTM，以 aspect 功能計算坡向，使用 Reclassify by table 功能將八個方位依序指定為 1-8 的整數數值。
4	闊葉林面積比率 (broadleaf percent)		0 - 1	圖資取自第四次森林資源調查全島森林林型分布圖，依據其第二層分類的森林林型重新分類為闊葉林、針葉林、針闊葉混合林、竹林，計算重新分類後的闊葉林面積並加總每 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格內的闊葉林面積，最後計算每網格的闊葉林面積比率。
5	針葉林面積比率 (coniferous.percent) ^a		0 - 1	利用上述重新分類後的森林林型分布圖，計算重新分類後的針葉林面積並加總每 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格內的針葉林面積，最後計算每網格的針葉林面積比率。
6	針闊葉混合林面積比率 (mixed forest percent)		0 - 1	利用上述重新分類後的森林林型分布圖，計算重新分類後的針闊葉混合林面積並加總每 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格內的針闊葉混合林面積，最後計算每網格的針闊葉混合林面積比率。
7	竹林面積比率 (bamboo percent)		0 - 1	利用上述之重新分類後的森林林型分布圖，計算重新分類後的竹林面積並加總每 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格內的竹林面積，最後計算每網格的竹林面積比率。

表 2(續)、建立臺灣黑熊分布預測模式所利用的各項環境因子圖層說明以及資料來源。

項次	變因(代碼)	單位	範圍	說明
8	NDVI		-0.55 - 0.95	自歐洲太空總署開放資料庫(https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/)取得全臺灣衛星影像圖層，利用 raster calculator 計算，其公式為 $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ 。
9	與河流距離 (dist_river)	m	0 - 15,455	圖資來自水利地理資訊服務平台網站(https://gic.wra.gov.tw/Gis/gic/API/Google/Index.aspx)中的河川(河道)、河川(支流)資料。利用 QGIS 的 Merge vector layers 功能合併主要河道及支流的向量圖層，再以 NNJoin 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格中心座標與河流的距離
10	道路密度(road_den)	m/km ²	0 - 29,693	道路圖資來自勤崙科技股份有限公司之行動商務電子地圖(PaPaGO Map)，剔除步道及不開放汽車通行的管制道路，使用 Sum line lengths 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格內道路總長度。
11	與道路距離 (dist_road)	m	0 - 18,111	利用上述篩選後道路圖資，配合全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格，產生網格化的道路，再使用 QGIS 的 Proximity (raster distance) 功能，計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格與道路相隔距離。
12	與中央山脈保育廊道距離 (dist_central reserves)	m	0 - 87,294	以 NNJoin 功能計算全臺 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 的網格中心座標至中央山脈保育廊道的距離。

表 2(續)、建立臺灣黑熊分布預測模式所利用的各項環境因子圖層說明以及資料來源。

項次	變因(代碼)	單位	範圍	說明
13	與人為建物距離 (dist_building) ^b	m	0 - 37,216	圖資取自內政部第二次國土利用調查結果，將第 I 級和第 II 級土地利用類型重新分類為農地、人為建物、草生地、裸露地。使用 Rasterize (overwrite with fixed value) 功能，配合全臺 1×1 km ² 的網格，產生網格化的土地利用分類，再使用 Proximity (raster distance) 功能，產生與人為建物距離的距離網格圖層。
14	與農地距離 (dist_agriculture)	m	0 - 22,804	利用上述重新分類後的土地利用圖資，使用 Rasterize (overwrite with fixed value) 功能，配合全臺 1×1 km ² 的網格，產生網格化的土地利用分類，再使用 Proximity (raster distance) 功能，產生與農地距離的距離網格圖層。

^a 針葉林面積比率和海拔及闊葉林面積比率高度相關，於建立 MaxEnt 模型時去除針葉林面積比率變因。

^b 與人為建物距離和與道路距離高度相關，於建立 MaEnt 模型時去除與人為建物距離變因。

(二)物種分布模型

MaxEnt 物種分布模式原理乃基於最大熵演算法(maximum entropy)，根據目標分布(target distribution)已知的不完整資訊，探尋「最大亂度(最分散，或者說最接近均勻狀態)」機率分配(probability distribution)，並藉此估算標的物的機率分配(Phillips et al. 2006; Phillips and Dudík 2008)。所謂不完整的資訊，或者說是關於目標分布的可及資訊(available information)，包括已知的目標物種分布點位，以及與該物種已知分布位置相對應的環境變數圖層。MaxEnt 物種分布模式屬於出現/背景值(presence/background)類型的模式，對物種分布紀錄只需求出現點位資訊，另由訓練範圍(training data)內，除了已知物種出現紀錄之外的背景網格(background)隨機抽取「擬空缺(pseudo-absence)」，MaxEnt 模型將背景網格的環境條件和出現點位的環境條件比較(Hirzel et al. 2002; Pearson et al. 2007; Merow et al. 2013)。

此分布模式中所使用的環境要素可來自於連續性(continuous，如海拔高度、坡度、與道路距離)，或者類別性(categorical，如植被類型、土地利用類型)。MaxEnt 能夠使用多種特徵類別(features)來建立非常複雜且高度非線性的響應曲線。在預設條件下，MaxEnt 以存在點位數量來確定使用哪些特徵類別；存在點位越多，允許使用的特徵越多，存在點位超過 80 個將允許使用所有特徵類別。MaxEnt 透過探索這些特徵，使用正規化(regularization)來選擇對模型匹配最有貢獻的個別特徵(Merow et al. 2013)。

本研究採用 MaxEnt 物種分布預測套裝軟體(版本 3.4.4)(Phillips et al. 2020)。軟體只需要目標物種出現點位資訊(presence-only data)，一般認為在較低樣本數的狀況下，此模式仍有良好的預測品質(Hernandez et al. 2006)。MaxEnt 的輸出結果為一個機率值，此值介於 0-1 之間，可表示為棲地的適合度或物種的出現機率(Phillips et al. 2006)。

1. 建模過程

MaxEnt 建模過程中需要建立預測模式的訓練資料(train data)，以及評估模式表現能力的驗證資料(test data)。研究指出訓練資料和測試資料之間的人為空間自相關(例如由於取樣偏差)可能會誇大評估模型性能的指標 (Veloz 2009; Wenger and Olden 2012; Radosavljevic and Anderson 2014)。為了減輕潛在的取樣偏差影響，本研究使用 R package “spThin” (ver.0.1.0; Aiello-Lammens et al. 2015)進行空間過濾的取樣偏差校正，去除彼此相距 1 km(相當於環境因子解析度)以內的點位(Dubos et al. 2022)。空間過濾普遍被作為校正空間偏差的工具，它相對簡單、明確、可以快速應用於任何資料集，即使偏差的性質是未知的，並且在多個研究中有效改善模型表現，減少遺漏和超算誤差(Kramer-Schadt et al. 2013; Fourcade et al. 2014; Aiello-Lammens et al. 2015; Dubos et al. 2022)。

有研究指出當預測因素大於 10 個時，理想狀況的訓練資料及驗證資料之比值應為 75: 25 (Huberty 1994)，本研究最後將空間過濾處理後的資料以 75:25 比例隨機劃分訓練資料及驗證資料。

在 MaxEnt 設定中，samples 即為輸入訓練資料之欄位；environmental layers 為輸入環境因子圖層欄位。因子類型分為連續型(continuous)和類別型(categorical)兩類，本研究除了坡向為類別型因子，其餘皆為連續型，圖層皆為美國信息互換標準代碼 (American standard code for information interchange, asc)檔案。勾選 create response curves、make pictures of predictions、Do jackknife to measure variable importance，輸出格式為 Logistic，輸出檔案類型為 asc 檔。設定(setting)子部分中勾選 Random seed，Random test percentage 設定為 25，模式重複(replicates)設定為 10，其他欄位皆保持原本設定，最後產生 10 次運行結果的平均出現機率分布圖。

為了評估建模使用的各變數對目標物種可能的影響程度，MaxEnt 可利用折刀分析法(jackknife analysis)，藉由模式重複操作之過程，依次剔除單一環境變因，以及依次只採用單一變數，而其他變因皆維持在其平均值

的情況，故對每一變數皆可獲得單獨採用該變數所得之單一獲益(single gain)，以及模式不採用各該變數時之獨缺損失(single loss)，亦即納入所有變數之整體獲益(regularized gain)減去單獨不採用各該變數時之獲益。單一獲益及獨缺損失皆可協助瞭解各個變數對模式整體運算結果所造成的影響程度。

2. 模式評估及閾值選擇

本研究以獨立於閾值(threshold-independent)的受方操作曲線(Receiver-Operating Characteristic Curve, ROC curve)之曲線下方面積(Area Under ROC Curve, AUC)作為模式預測品質之驗證。AUC 值介於 0-1.0 之間，當值接近 0.5 表示此模式無法分辨出出現點位和背景資料的差別，一般認為 AUC 值大於 0.7 時模式已達到可接受的預測品質，且值越接近 1.0 表示預測模式表現越好(Fielding and Bell 1997)。此外，本研究同時也採用閾值相關的訓練資料及驗證資料的遺漏率作為評估模型匹配程度的指標。

棲地適合度分布圖常以連續的機率值分布來呈現，然若以二元(即有或無分布)的方式呈現棲地適合度分布圖，將更有利於一般解讀或經營管理的運用。除了方便闡釋結果之外，為了驗證模式的準確度，研究者常將生物分布的資料依據一適當的閾值(cut point or threshold)做分類，將預測分布或適合度值大於閾值者，視為物種潛在分布區域，而預測值小於切點者，視為該物種不會出現的位置。

雖然已有許多種尋找切點的方法被提出，但一般多建議視應用的目的，考量偽陰性機率(Omission)與偽陽性機率(Commission)代價，因前者排除了較多不確定的棲地，而後者可保留較多已知有利利用的棲地，以某種程度主觀地選擇適當的切點(Fielding and Bell 1997; Liu et al. 2005; Pearson et al. 2007)。本研究為呈現黑熊棲地適合度之二元分布圖，閾值採用訓練資料敏感度加明確度最大值(Maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold)(Liu et al. 2005; Kuhlmann et al. 2012; Dai et al. 2023)。將 MaxEnt 輸出的分布機率的結果圖層(asc 檔)，利用 QGIS 的 raster calculator 計算出

大於閾值之網格，輸出即為黑熊潛在分布圖。

二元潛在分布地圖得以迅速得知整體潛在分布範圍及分布較為破碎化或隔離區域，然在二元性質的基礎上，將大於閾值的分布區依照其分布機率再切分適當等級，則較具生物學意義且能靈活應用，有助於識別出對黑熊而言相對高潛在的分布區。故本研究採用自然間斷法(Jenks natural breaks)將大於閾值的分布機率切分為三個等級，分別為高潛在分布區、中潛在分布區、低潛在分布區(He et al. 2023)。

相對於上述而將潛在分布地圖分級則為瞭解黑熊潛在分布範圍和全島各項環境因素是否有差異，對各項變數進行單因子分析，連續型變數採用 Mann Whitney U test 進行檢定，非連續型變數則使用卡方檢定。

參、結果

一、黑熊出現紀錄資料來源和類型

(一)黑熊出現紀錄資料來源

本研究收集於 2011 年至 2023 年之間的臺灣黑熊出現紀錄，於刪除重複紀錄後，總計 1,838 筆獨立紀錄。黑熊出現紀錄的資料來源以野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤最多(19.1%)，其次為屏科大黑熊研究團隊監測資料(18.2%)，其他依序為政府未公開資料庫(15.5%)、政府研究調查資料庫平臺(12.6%)、台灣黑熊保育協會有熊通報系統(12.2%)、政府研究調查報告(10.4%)、私人通訊(5.4%)、訪查(3.8%)、社群平臺(2%)、臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報講座(0.8%)(圖 2)。

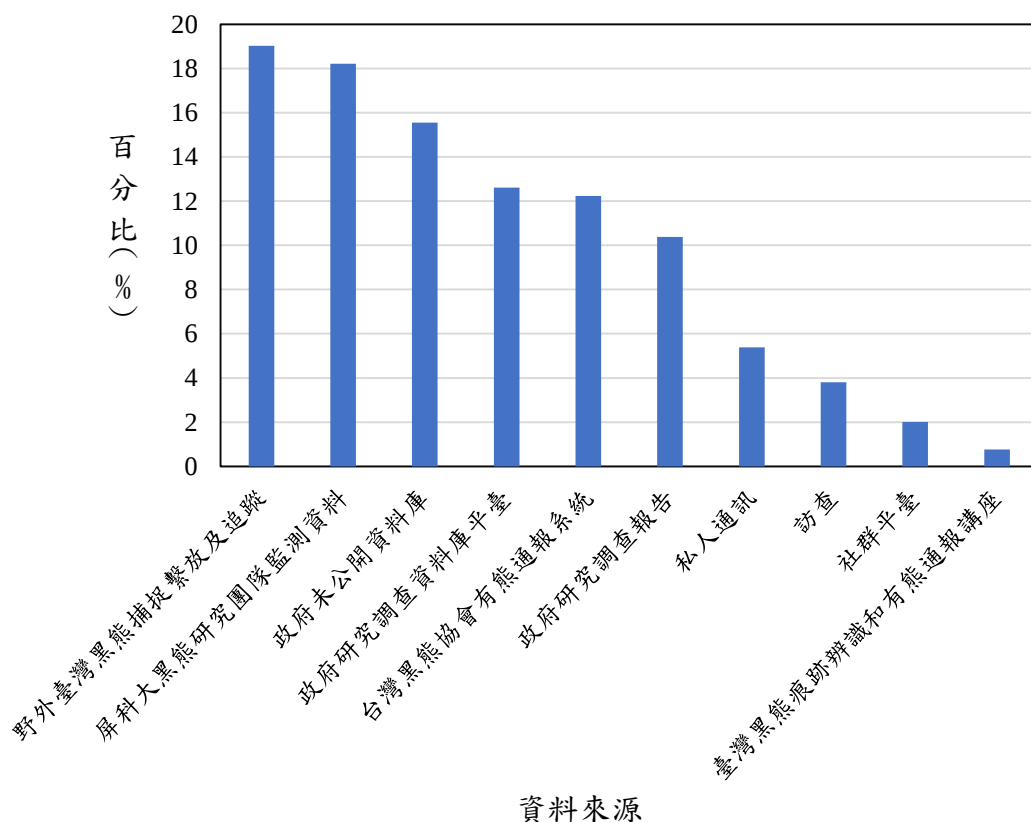


圖 2、本計畫收集黑熊出現紀錄(n=1,838)的各種來源。

1. 政府研究調查資料庫平台、調查報告及未公開資料庫

本研究採用 5 個政府研究調查資料庫，包括有林業及自然保育署生態調查資料庫、臺灣生物多樣性網絡 TBN、國家公園生物多樣性資料庫、濕地環境資料庫，以及臺灣生物多樣性資訊機構 TaiBIF。原本前二者的有熊紀錄量皆上萬筆，但多數皆為屏科大黑熊研究團隊提供的野外臺灣黑熊捕捉繫放及衛星追蹤的計畫資料，故這類定位點資料全數刪除。不同資料庫會有資料重複登錄的情況，尤其是 TBN 以及 TaiBIF 二類整合型資料庫平臺，再依本研究的分類和取樣方法比對篩選後，上述 5 個資料庫的有熊資料分別為 132、13、83、4 及 0 筆，共計收錄 232 筆(附錄十二)。

本研究合計從 278 篇和野生動物調查相關的政府研究調查報告中，找到 32 篇含有黑熊出現紀錄的報告(附錄十三)，扣除和政府研究調查資料庫重複的紀錄後，總計收錄 191 筆有熊資料。政府未公開資料庫資料主要來自林業署(n=265)，其次為玉山國家公園(n=20)，另 2 個高山型國家公園(太魯閣國家公園及雪霸國家公園)則皆回覆無任何工作人員於其管轄範圍內發現黑熊出現紀錄。

2. 台灣黑熊保育協會有熊通報系統

為加強黑熊出現紀錄的資料收集，於野生動物或戶外活動相關的社團或民間組織的 Facebook 社群張貼台灣黑熊保育協會黑熊通報系統資訊。其中 Facebook 涵蓋 24 單位，流通量總計為 14,662 按讚次和 619 分享次(附錄十四)。

台灣黑熊保育協會之黑熊通報系統網路平臺於 2017 年上線，至 2023 年 7 月 31 日截止，總共收到 413 筆有熊通報案件(表 3)。於 2022 年以前的通報案件數為 102 筆，其中經研究團隊確認是黑熊或其痕跡的通報正確率為 41.2%。透過本計畫加強推廣有熊通報系統後，自 2022 年至 2023 年 7 月 31 日為止，約一年半時間便共計收到 311 筆案件，是過往數年累積案件的 3 倍，經過確認後正確是熊的案件有 183 筆(58.8%)。

於所有台灣黑熊保育協會的通報案中，經研究團隊鑑定，確定是熊的

有 225 筆(54.5%, n=413)，確定不是熊的案件有 130 筆(31.5%)，而無法確定者有 58 筆(14.0%)(表 3)。有熊通報案件以痕跡為多(66.3%, n=413)，其次是目擊(31.5%)、自動相機(1.9%)，以及 1 筆死亡通報(0.3%)，此乃山友通報疑似自然死亡在原始溪床上的黑熊個體。若扣除無法確定是黑熊的通報資料，黑熊痕跡正確率達 49.8%；目擊則為 90.7%，自動照相機和死亡個體則皆正確。

表 3、台灣黑熊保育協會有熊通報系統平臺收集通報資料和研究團隊鑑定結果。

資料類型	是	否	無法確定	總計	通報 百分比(%)	正確 百分比(%)
痕跡 ^a	119	120	35	274	66.3	43.4
目擊	97	10	23	130	31.5	74.6
自動相機	8	0	0	8	1.9	100.0
動物死亡	1	0	0	1	0.3	--
總計	225	130	58	413	100.0	
百分比(%)	54.5	31.5	14.0	100.0		

^a 痕跡類別包括吼叫聲(n=5)。

在通報的熊痕跡中，有少數個案是同時出現多種痕跡(n=14, 5.1%)，如腳印和排遺，或爪痕和折枝等等。合併所有通報者列舉的痕跡(表 4)，其中以樹幹爪痕最多(n=118)，其次為排遺(n=76)、足跡(n=47)、食痕(n=16)、熊窩(n=15)、折枝(n=8)、其他(n=3)，而各項的辨識錯誤率分別 46.6%、42.1%、48.9%、18.8%、33.3%、12.5%、33.3%；無法確定者的比例介於 6.8%-26.7%，自高至低依次為熊窩、足跡，排遺、食痕及爪痕。不易辨識的原因通常是痕跡老舊或照片不清楚，或參考資料不完整所致。其他 3 筆痕跡分別是 1 筆熊毛，1 筆黑熊頭骨，以及 1 筆錯誤通報的白鼻心腳掌。通報案也包括 5 筆吼聲，然除了 1 筆確認為山羌叫聲外，其餘皆未能提供音檔，故不予採用。

表 4、有熊通報系統平臺收集的各類熊痕跡資料及其辨識狀況。

資料 類型	通報紀錄		鑑定結果					
	筆	百分比 (%)	正確		錯誤		無法確認	
			筆	百分比 (%)	筆	百分比 (%)	筆	百分比 (%)
爪痕	118	41.7	55	46.6	55	46.6	8	6.8
排遺	76	26.9	33	43.4	32	42.1	11	14.5
足跡	47	16.6	17	36.2	23	48.9	7	14.9
食痕	16	5.6	11	68.8	3	18.8	2	12.5
熊窩	15	5.3	6	40	5	33.3	4	26.7
折枝	8	2.8	7	87.5	1	12.5	0	0
其他	3	1.1	2	66.7	1	33.3	0	0

在研究團隊鑑定不是熊的案件中，統計通報者容易錯認的類型。(1)目擊：最容易被誤認的動物為野豬(n=3)和山羊(n=3)，其他被誤認的動物有犬隻(n=2)、水鹿(n=1)、獼猴(n=1)。(2)爪痕：水鹿磨角痕(n=15)和刀痕(n=9)，以及水鹿啃樹皮(n=6)最容易被錯認為熊爪痕，也有將農地的犬隻咬痕誤認為黑熊所為(n=5)。其他尚有飛鼠爪痕(n=3)，或樹皮自然龜裂痕(n=1)和昆蟲(n=1)等情況。(3)排遺：野豬排遺(n=11)最容易錯認成熊排遺，其次是水鹿排遺(n=5)，其他包括人、牛、黃喉貂、鼬獾、獼猴和白鼻心等(n=9)。(4)足跡：犬隻腳印易被民眾誤認為熊腳印(n=5)，偶蹄目動物則合計有 7 筆腳印被錯認，以及黃喉貂和獼猴(n=2)。(5)巢窩：野豬窩則較常被和熊窩混淆(n=2)。(6)食痕：獼猴或狗的咬痕(n=2) 被錯認。

此外，為鼓勵民眾通報有熊出沒，本計劃設計了臺灣黑熊通報臂徽一組(圖 3)，作為鼓勵通報的回饋獎品。每筆經研究人員鑑定為臺灣黑熊的通報案件將提供 1 枚臂章，1 人至多可獲得一組 3 枚不同款式的臂徽。

為提升國人對於臺灣黑熊野外痕跡的辨識技能，我們設計一份摺頁，作為教育推廣之用(圖 4)。內容包含黑熊各類型痕跡的辨識技巧以及圖示，痕

跡包含熊窩、足跡、食痕、折枝、糞便、爪痕。摺頁封底則提供拍攝野外黑熊痕跡的注意事項，並且附上黑熊通報系統網路連結，以及相關通報專線等資訊。



圖 3、為鼓勵民眾通報，設計製作臺灣黑熊臂徽回饋禮一組共 3 種樣式。

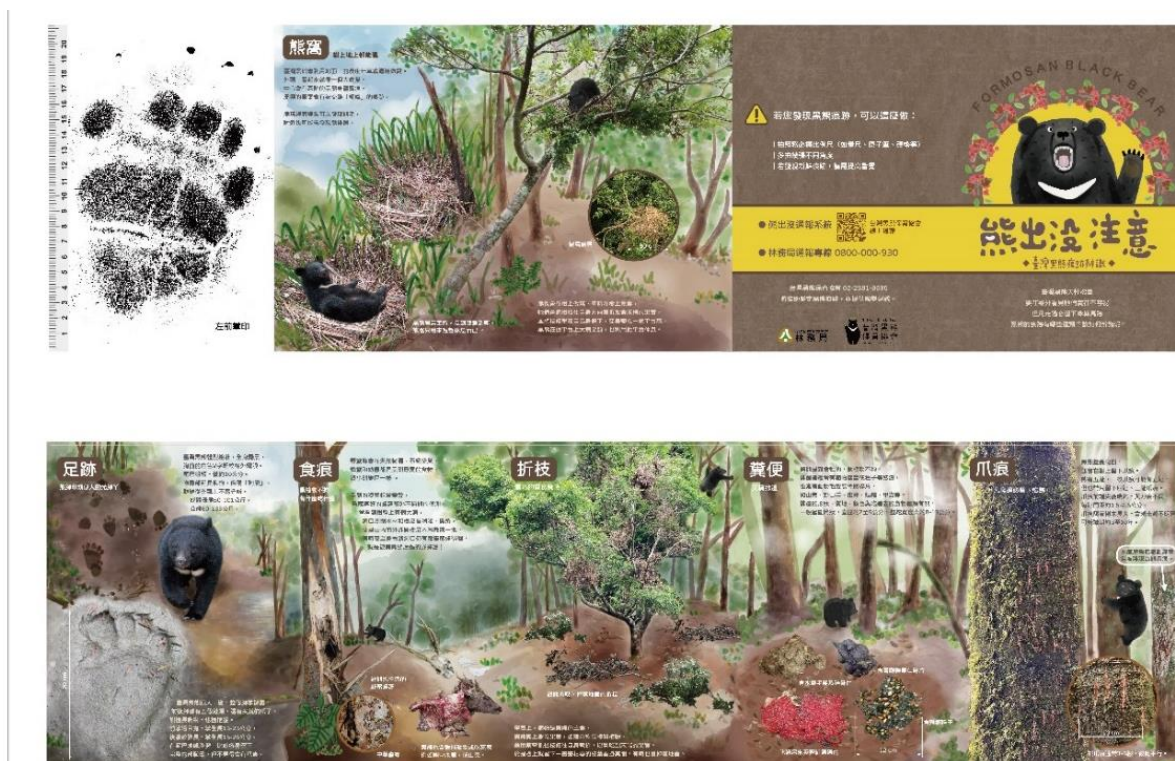


圖 4、臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁。(實際輸出尺寸 14.85x21 cm，全幅 74.25x21 cm，設計者：林儀珍)

3. 「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座

本計畫在 2022 年 10 月至 12 月期間，於民間登山遊憩社團或企業舉辦「有熊通報！在山上遇到熊該怎麼辦？」黑熊保育宣導講座，包括 4 場實體講座以及 12 場線上講座，總計參與人數 488 人(附錄五)。講座內容分別為「臺灣黑熊生態習性簡介」、「如何辨識黑熊出沒及痕跡辨識」、「登山遊憩遇見黑熊該如何因應」、「身為登山客或熱愛戶外活動者可以為黑熊保育做些甚麼？」、「發現或懷疑有熊出沒該如何通報？」等 5 個主題，除了講授正確的與熊共處知識之外，也借助登山及戶外遊憩相關社團的力量推廣黑熊通報系統。

另在林業署的講座共計 4 場，2022 年 12 月分別於花蓮、屏東、嘉義和南投分署舉行(附錄六)，總計 158 人與會，共收集到 14 筆有熊點位。參與對象除了各分署工作人員之外，現場也有部落登山協會、保育志工、獵人協會、生態顧問公司等不同單位的權益相關者到場交流。

4. 私人通訊、訪查及社群平臺

私人通訊及訪查容易在相同通報者取得多筆黑熊出現紀錄，我們於 69 個不同民眾中，合計取得 167 筆有熊紀錄。社群平臺為補足黑熊通報系統未盡社會大眾流通之來源，透過網路社群的搜索，我們發現仍有部份民眾曾經發現黑熊出現但並未知曉有此通報方式，合計有 37 筆經研究者確認為黑熊的有熊紀錄。

5. 野外臺灣黑熊捕捉繫放追蹤及屏科大黑熊研究團隊監測資料

本研究採用野外臺灣黑熊捕捉繫放及衛星追蹤的資訊來源，皆為屏科大臺灣黑熊研究團隊於 2014 年至 2023 年期間執行科技部、玉山國家公園管理處，以及林業署臺中分署的研究計畫。研究樣區包括玉山國家公園和大雪山森林遊樂區兩地。這些資料來源含括 25 隻黑熊個體(15 雄 10 雌)的研究捕捉點位，以及每月逢機選擇 1 人造衛星追蹤定位點。每隻個體的點位資料為 2-27 點不等(mean=13, SD=7.9)(附錄十五)。

(二)黑熊出現紀錄類型

本計畫收集的黑熊出現紀錄的類型主要為自動相機(37.2%)，其他依次為痕跡(26.9%)、人造衛星追蹤及研究捕捉繫放(19.0%)、目擊(15.3%)、通報救傷及死亡(1.6%)(圖 5)。

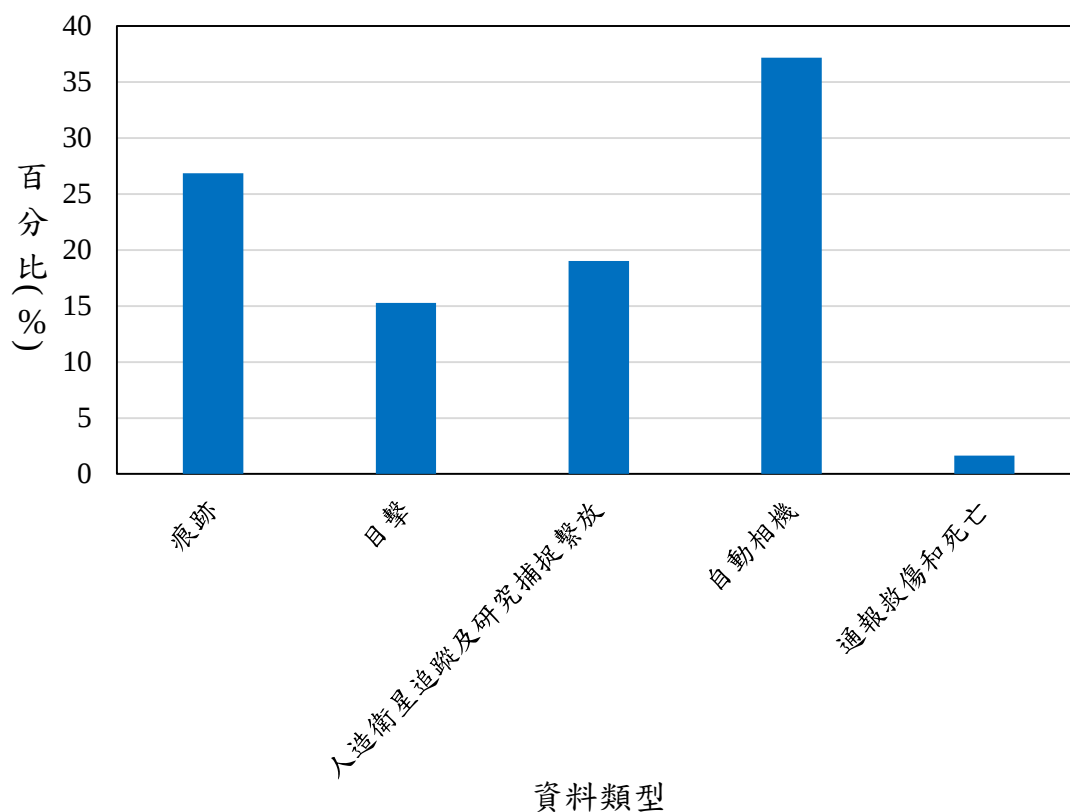


圖 5、各式有熊資料類型百分比。

各種黑熊出現紀錄類型中，除了人造衛星追蹤及研究捕捉繫放集中於兩個研究樣區，即玉山國家公園和相鄰的玉里野生動物保護區、大雪山森林遊樂區和相鄰的雪霸國家公園，以及鄰近的非保護區範圍(圖 6)。其他 3 種黑熊痕跡、目擊、自動相機的分布皆較為廣泛，且點位分布和涵蓋區域近似(圖 7 至圖 9)，南臺灣主要分布於玉山國家公園，往南至屏東縣霧台鄉和臺東縣卑南鄉也都有連續的分布。北臺灣主要僅局部分布於大雪山森林遊樂區和相鄰的雪霸國家公園，以及鄰近的非保護區範圍，雪霸國家公園以北有零星分布。

各種黑熊出現記錄類型的資料來源分布也不盡相同(表 5 **錯誤！找不到參照來源。**)，除人造衛星追蹤及研究捕捉繫放僅來自單一獨立來源外，以下分述各類型的來源和分布。

1.自動相機

自動照相機拍攝到熊的來源主要源自政府相關單位之未公開資料(30.2%)，資料全數來自林業署，其中有 40.8%為林業署全島監測相機樣點(包含長期監測網、保護留區、黑熊增設樣點)拍攝到黑熊的紀錄、建置生物調查資料庫(22.0%)、已發表調查報告(20.5%)，以及屏科大黑熊研究團隊監測資料(19.3%)，亦有少數(8.0%)來自社群平臺、有熊通報系統及私人通訊等。

2.熊痕跡

熊痕跡則主要源自屏科大黑熊研究團隊監測資料(41.1%)和台灣黑熊保育協會有熊通報系統(24.1%)，以及政府公開或未公開的相關調查資料(28.7%)，少數(6.1%)來自社群平臺、私人通訊、「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座及訪查。

在 494 筆痕跡(包含 33 筆痕跡複選)中，涵蓋 7 種痕跡類型。黑熊出現處有時會有多種痕跡同時出現的情況，比如黑熊剛覓食地區，食痕有時伴隨上樹的樹幹爪痕，以及樹冠上或地面落下的折枝，以及排遺。但這些較詳盡的觀察和紀錄，通常僅限於專業的研究人員。野外記錄的熊痕跡，最常見的痕跡為樹幹上的爪痕，有時延伸到樹冠上或無，共計 203 筆(41.1%)，其次為排遺有 103 筆(20.9%)，折枝(14.4%)、腳印(8.5%)、食痕(7.1%)、熊窩(4.0%)。另有 57 筆其他類型痕跡(11.5%)，包括 55 筆第四次森林資源調查的未註明是何種痕跡的資料，以及 1 筆黑熊毛髮和 1 筆黑熊骨骼(頭骨)。

在排遺內含物記錄中，可區分食物類別的資料有 28 筆，71.4%植物性食物，28.6%為動物性食物。動物性食物(n=8)以中大型哺乳動物為主，包括水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)(n=4)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)(n=2)，

也有 2 筆昆蟲類食物，分別為熊蜂(*Bombus* sp.)以及無法辨識物種的甲蟲。植物性食物(n=20)主要為殼斗科植物青剛櫟(*Quercus glauca glauca*)(n=11)、杏葉石櫟(*Lithocarpus amygdalifolius*)(n=1)，非殼斗科的植物包括臺灣肉桂(*Cinnamomum insularimontanum*)(n=2)、山枇杷(*Eriobotrya deflexa*)(n=1)、臺灣蘋果(*Malus doumeri*)(n=1)、山櫻花(*Prunus campanulata*)(n=1)、呂宋英蒨(*Viburnum luzonicum*)(n=1)、姑婆芋(*Alocasia odora*)(n=1)、獼猴桃(*Actinidia* sp.)(n=1)。

黑熊因取食行為留下的自然性食物痕跡有 17 筆，以熊搗毀及取食蜂巢的痕跡的比例最高(70.6%)，這些主要是築巢在樹洞或岩壁石縫內的中國蜂(*Apis cerana*)(n=11)以及土蜂(*Scoliidae*)(n=1)，也有黑熊取食水鹿後的水鹿骨骸(n=5)。

在黑熊爪痕、折枝、熊窩中，可辨識出的植物類別或種類(n=121)有 65.3%為殼斗科，10 種辨識出的植物依次為青剛櫟(n=35)、錐果櫟(*Quercus longinix longinix*)(n=11)、鬼櫟(*Lithocarpus lepidocarpus*)(n=8)、狹葉櫟(*Quercus salicina*)(n=7)、栓皮櫟(*Quercus variabilis*)(n=6)、長尾栲(*Castanopsis cuspidata carlesii*)(n=5)、高山櫟(*Quercus spinosa*)(n=3)、森氏櫟(*Quercus morii*)(n=2)、大葉石櫟(*Lithocarpus kawakamii*)(n=1)、杏葉石櫟(n=1)。樟科 5 種，包括香楠(*Machilus zuihoensis*)(n=7)、大葉楠(*Machilus kusanoi*)(n=2)、五掌楠(*Neolitsea konishii*)(n=1)、香桂(*Cinnamomum subavenium*)(n=1)、臺灣肉桂(n=1)。其他闊葉樹種另有山櫻花(n=4)、山黃麻(*Trema orientalis*)(n=6)、臺灣蘋果(n=3)、山枇杷(n=2)、墨點櫻桃(*Prunus phaeosticta phaeosticta*)(n=2)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)(n=2)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)(n=2)、臺灣糊櫨(*Ilex ficoidea*)(n=1)、白花八角(*Illicium anisatum*)(n=1)、烏心石(*Magnolia compressa compressa*)(n=1)、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)(n=1)。針葉樹種共記錄到 5 種，包括臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)(n=1)、香杉(*Cunninghamia konishii*)(n=1)、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)(n=1)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)(n=1)、臺灣二葉松

(*Pinus taiwanensis*)(n=1)。

3. 目擊

熊目擊的資料來源則較廣泛，主要來自台灣黑熊保育協會有熊通報系統(34.5%)，其次為訪查(23.8%)、私人通訊(15.0%)，以及政府未公開資料庫(13.2%)、「台灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座和社群平臺(9.6%)、政府研究調查資料庫以及研究調查報告(3.9%)。

4. 黑熊通報救傷和死亡

黑熊救傷通報和死亡主要源自政府未公開資料庫(63.4%)，然亦有少數來自研究團團隊的私人通訊或訪查(20.0%)，以及政府研究調查報告(10.0%)、台灣黑熊協會有熊通報系統(3.3%)和社群平臺(3.3%)。

本計畫收集黑熊通報救傷和死亡事件分別共計 13 起和 18 起(表 6 錯誤! 找不到參照來源。)，其中大雪山編號 16711 黑熊，曾有 2 次因中陷阱被通報救傷，以及 1 次於第二次移地野放後中陷阱後被槍殺的 3 起紀錄。臺灣自 2014 年 10 月出現第一起野外臺灣黑熊死亡通報和管理單位介入處理的案例，截至計畫資料收集截止 2023 年 7 月，累計民眾或研究者通報熊需救傷或死亡的案例及管理單位處理或地檢署偵查者，共 27 案(涉及 25 隻熊)(附錄十六)。

黑熊通報救傷主要分布在東部玉山國家公園東南側和南側地區(圖 10)，包括花蓮縣卓溪鄉(30.8%)和臺東縣海端鄉(46.2%)，另北部則是臺中和平區(23.0%)，而黑熊死亡紀錄除了上述兩個研究樣區內之外，另有玉山國家公園周邊地區(如向陽山屋附近，以及卓溪鄉南安部落卓樂橋附近和臺 30 線 5 km 處的拉庫拉庫溪床)，以及另有位於 1 筆泰安鄉、1 筆六龜區、1 筆茂林區和 4 筆霧臺鄉的紀錄。中央山脈於南投縣、花蓮縣中部和北部(卓溪鄉)以北地區則皆沒有任何紀錄。唯獨臺中分署移地野放一研究個體(編號 16711)，於野放約 20 天後，於距離野放地點北側約 20 km 的南投縣仁愛鄉被發現中山豬吊陷阱後被射殺死亡。此案屬移地野放個案，雖未列入本資

料分析，但仍以圖標示出其相對位置(圖 10)。

黑熊通報救傷事件中，除了失親幼熊(n=3)，以及研究個體緊急醫療(n=1)之外，其他皆是民眾發現陷阱上的黑熊而通報管理單位或研究人員(n=9)。其中 2 隻失親幼熊經收容和野化訓練後，已順利野放；其他通報救傷黑熊，除了有 2 隻在救傷過程中死亡，經收容和醫療後皆野放回野外。

黑熊死亡事件包括人為致死(n=11)、自然死亡(n=3)和不明原因(n=4)(表 6)。通報救傷和死亡事件有超過一半的事件與人為狩獵活動或為防範農損而陷阱誤捕到黑熊，合計 20 筆(64.5%)。於人為所致的熊死傷通報中，熊死亡案有 9 起皆涉及槍獵和 2 起陷阱，前者包括 3 起乃熊先中陷阱後人再以槍射殺；熊救傷案則皆涉及陷阱，皆為俗稱「山豬吊」的套索陷阱，並有 1 案是同時用槍。故涉及狩獵的熊救傷死亡記錄(n=20)中，50%涉及陷阱，30%涉及槍獵，以及 20%為兩種獵具同時使用。

表 5、2011-2023 年間黑熊出現紀錄之資料來源和資料類型分布。

資料來源	資料類型					小計 (n)	百分比 (%)
	痕跡	目擊	自動相機	人造衛星追蹤及 研究捕捉繫放	通報救傷 和死亡		
政府研究調查資料庫	77	5	150	0	0	232	12.6
政府研究調查報告	42	6	140	0	3	191	10.4
政府未公開資料庫	23	37	206	0	19	285	15.5
台灣黑熊保育協會有熊通報系統	119	97	8	0	1	225	12.2
「臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報」講座	3	11	0	0	0	14	0.8
私人通訊	7	42	45	0	5	99	5.4
訪查	2	67	0	0	1	70	3.8
社群平台	18	16	2	0	1	37	2.0
野外臺灣黑熊捕捉繫放及追蹤	0	0	0	350	0	350	19.1
屏科大黑熊研究團隊監測資料 ^a	203	0	132	0	0	335	18.2
小計(n)	494	281	683	350	30	1,838	100.0
百分比(%)	26.9	15.3	37.2	19.0	1.6		100.0

^a 未公開資料。

表 6、2014 年至 2023 年 7 月間臺灣黑熊通報救傷和死亡案件之情況。

數值	救傷通報			死亡通報			總計
	狩獵或 誤捕 ^a	醫療	孤兒熊	人為 致死	自然 死亡	不明 原因	
案件次(n)	9	1	3	11 ^b	3	4	31
百分比(%)	29.0	3.2	9.7	35.5	9.7	12.9	100.0

^a 人為狩獵活動，或為防範農損而陷阱誤捕。

^b 捕捉繫放個體(編號 16711)移地野放後死亡，此案未列入本資料分析

5.可能的熊滋擾情事

黑熊有時會出現於非自然的人為環境或設施(n=133，其中未造成滋擾的情況總計 112 起(84.2%)，包括(1)51 起於山屋附近；(2)41 起於一般道路(n=21)、林道(n=19)或鐵道(n=1)上；(3)16 起於農地上，包括工寮、果園、農田、竹林、雞舍等；(4)4 起於其他人為建築，員工宿舍、聚落、廢棄工作站、觀景台等。

然黑熊出現於這些地區，有時會造成破壞人為設施或財產損失的情況，自此視為具體滋擾，總計有 21 起(15.8%)。其中 7 起發生於山屋、研究站或遊客中心，黑熊進入山屋翻找食物或垃圾，留下痕跡或有輕微破壞山屋，包括桃源區拉庫音溪山屋、庫哈諾辛山屋、塔塔加遊憩區鹿林小屋、楠梓仙溪保育研究站、向陽山屋，以及大雪山森林遊樂區小雪山資訊站。除此之外，也發現 2 處臺東海端鄉的山屋長期有熊出沒的紀錄，出現於山屋及其附近(50 m 範圍內)，包括臺東分署的山屋黑熊出沒預警(自動照相機)系統。於向陽山屋多次紀錄到黑熊在山屋有人的情況下潛入廚房，或取食沙拉油、醬油等食品，或叼走垃圾的情況，造成財物損失或破壞的滋擾有 2 案，另有 25 起近距離靠近或進入山屋但無具體破壞滋擾的紀錄。另於嘉明湖山屋則有 7 筆熊出沒山屋附近的紀錄。向陽山屋和嘉明湖山屋分別自 2014 年和 2020 年以來迄今，每年皆持續有熊出沒紀錄。

此外，有 14 起具體滋擾則發生於農地，地點包括臺中(n=5)、南投(n=1)、嘉義(n=1)、高雄(n=1)、花蓮(n=2)和臺東(n=4)。我們分析造成損害的種類，由於有時 1 起滋擾事件會同時出現多種類型的損害，故分別計數分析。其中熊為覓食而對農作物或經濟樹種造成損害僅有 1 筆紀錄，為 2021 年 8 月底東卯山甜柿園遭折枝取果，現場有熊排遺。此外，熊進入農地取食蜂箱的紀錄有 3 起，以及潛入雞舍捕食雞隻(2 至數隻不等)者有 6 起，同時熊經常有取食雞飼料的情況；另也包括 1 起破壞雞舍，但沒有取食雞隻的情況。此外，有 4 起是黑熊潛入農地的工寮取食狗飼料(n=3)，以及人的食物(如乾料、肉品和蔬果等，n=2)。自通報後自動照相機架設，或從民眾的通報陳述來看，熊於農地活動多數是在晚上，即當人沒有在工寮活動的時間發生。

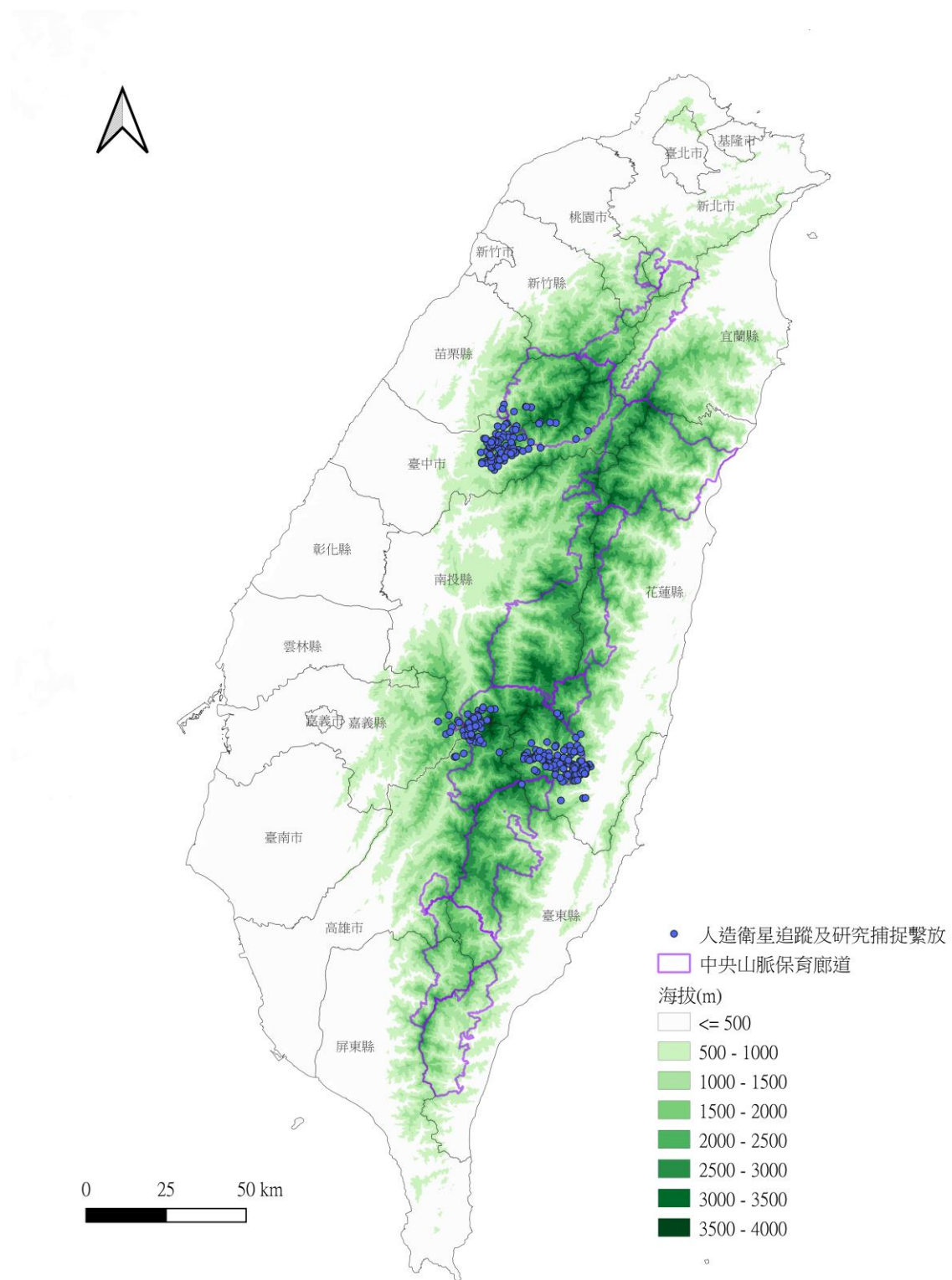


圖 6、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集源自二個研究樣區，玉山國家公園和大雪山森林遊樂區，人造衛星追蹤及研究捕捉繫放野外臺灣黑熊的紀錄之分布情況(n=350)。

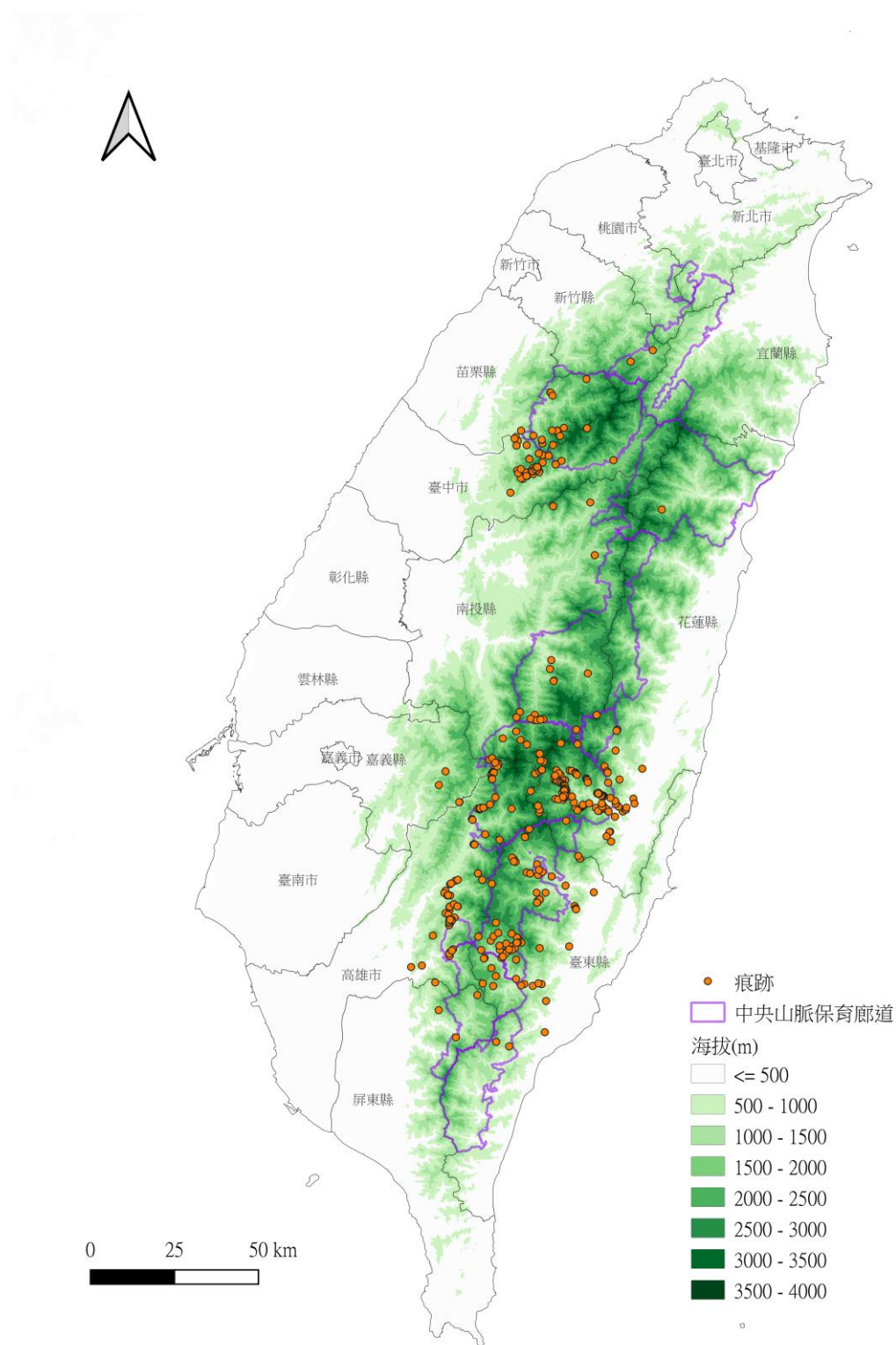


圖 7、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊痕跡紀錄之分布情況(n=494)。

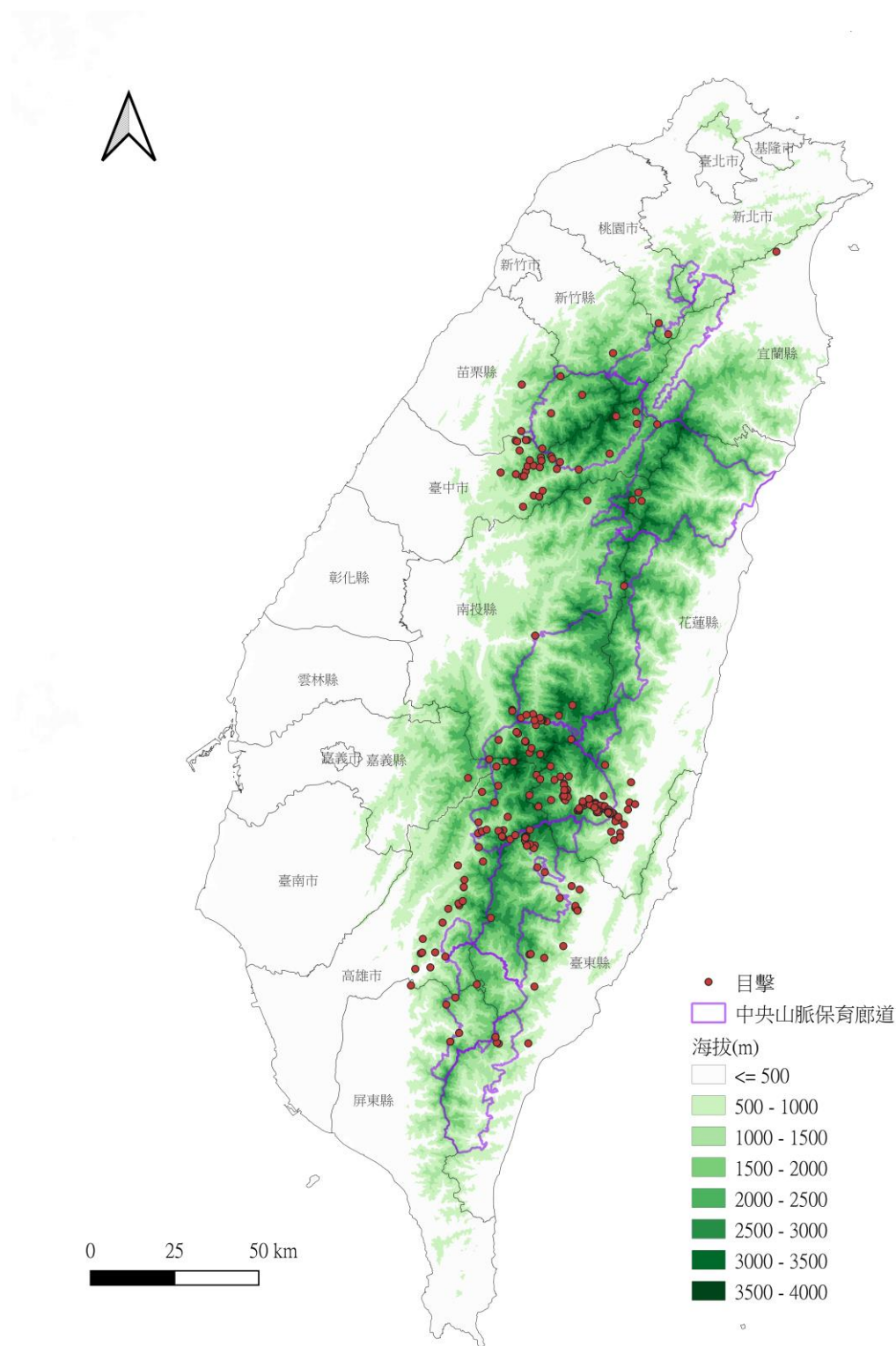


圖 8、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊目擊紀錄之分布情況(n=281)。

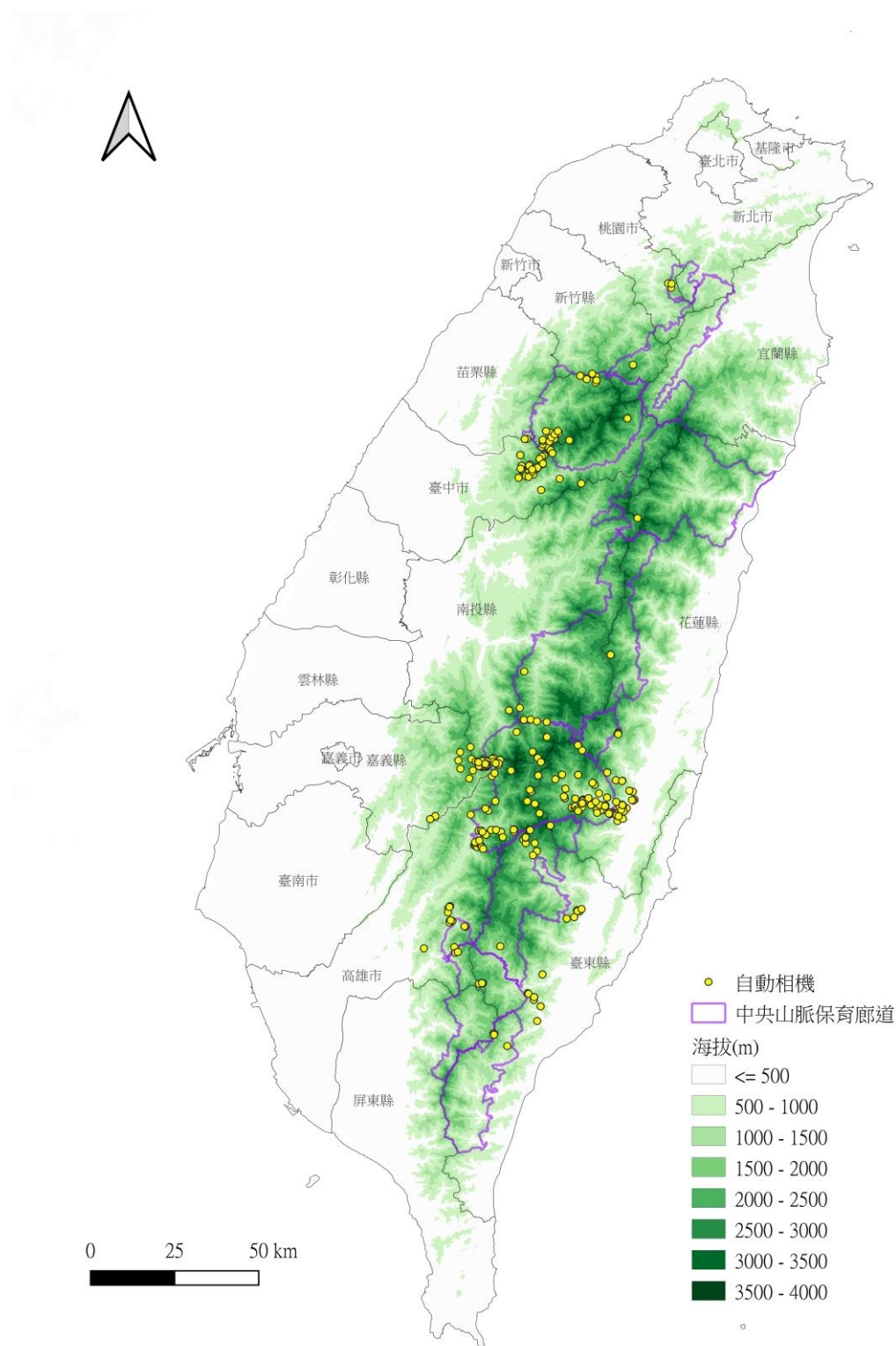


圖 9、2011 年 1 月至 2023 年 7 月自動相機記錄到臺灣黑熊之分布情況 (n=683)。

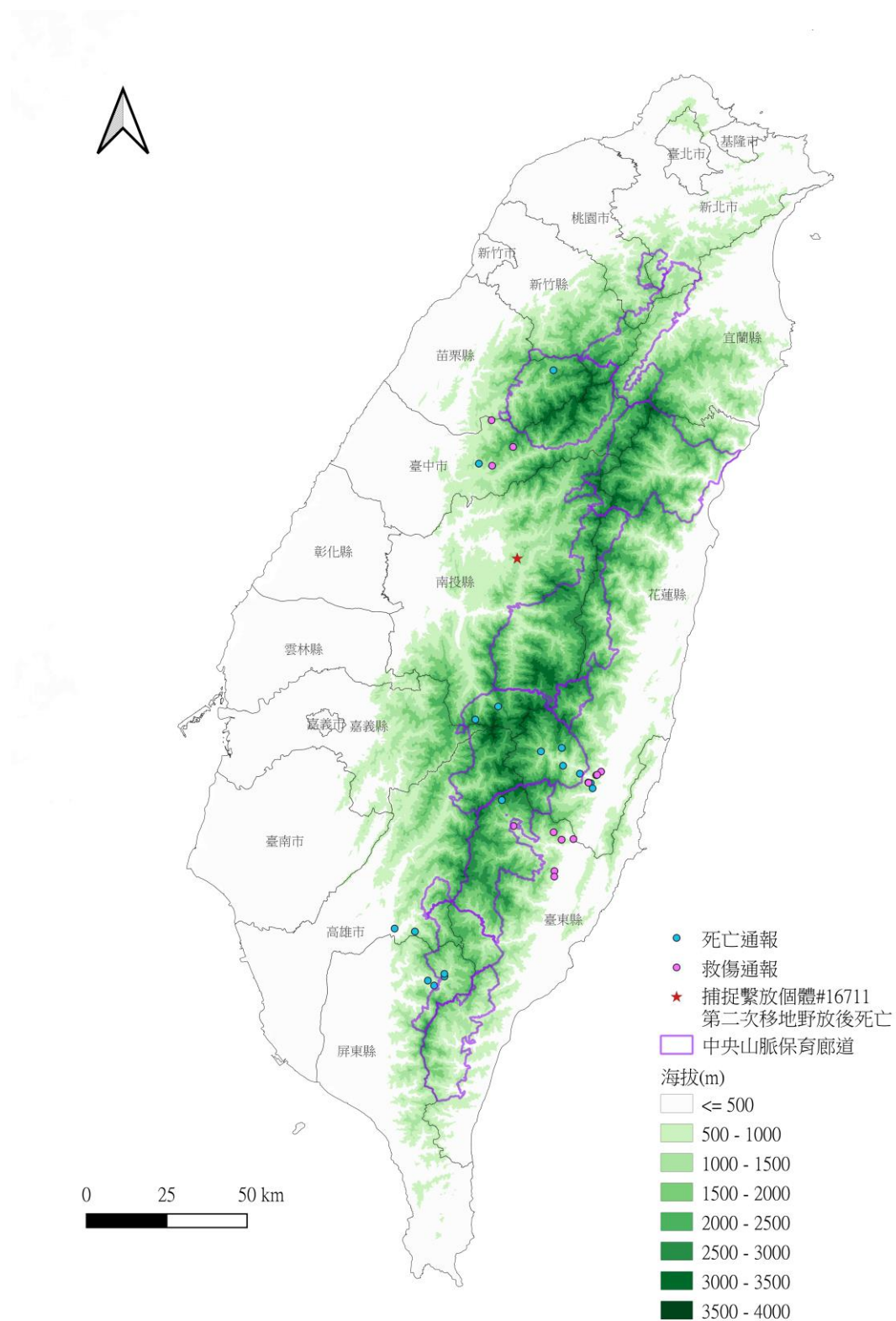


圖 10、2011 年 1 月至 2023 年 7 月臺灣黑熊通報救傷和死亡紀錄之分布情況(n=31)。其中捕捉繫放個體編號 16711 於第二次移地野放後死亡(星號)，此案未列入本資料分析。

二、有熊點位分布

在 1,838 個黑熊出現紀錄中，多數為誤差 100 m 以內的精準點位 (94.1%)，其次 1 km² (n=95) 和 4 km² (n=7) 網格資料各 5.2% 和 0.4%；另有 6 筆 (0.3%) 超過 4 km² 網格的資料，但考量誤差大而不列入後續地理分布的分析。針對精準度在 4 km² 以內的黑熊出現紀錄 (n=1,832)，以下簡稱「有熊點位」(圖 11)。

將這些有熊點位轉換成 1×1 km² 網格，總計 706 個有熊網格(圖 12)。有熊點位/網格之比值可以協助瞭解熊點位資料間可能存在著空間上自相關的情況，整體的比值為 2.60 ± 3.65 (mean $\pm$ SD)，然不同類型有所差異 (Kruskal-Wallis test, $\chi^2 = 90.458$, df=4, $p < 0.05$)。其中的通報救傷和死亡資料的比值最低 (1.00)，即有熊點位全分散於不同網格。比值最高者為自動相機 (3.19 ± 3.35)，其次為痕跡 (1.87 ± 2.20)、人造衛星追蹤及研究捕捉繫放 (1.62 ± 1.12)、目擊 (1.51 ± 1.87) (表 7)。

表 7、不同有熊點位的類型所記錄的有熊點位數/網格數之比值。

數值	資料來源					總計
	痕跡	目擊	人造衛星追蹤及研究捕捉繫放	自動相機	通報救傷和死亡	
網格數	262	184	216	214	30	706
平均值	1.87	1.51	1.62	3.19	1.00	2.60
標準差	2.20	1.50	1.12	3.35	0.00	3.65
最大值	20	12	7	23	1	37

就本島行政轄區來看，直轄市臺北市、新北市和臺南市，以及基隆市、彰化縣和雲林縣皆無有熊點位紀錄。花蓮縣有熊點位分布最多(37.9%, $n=1,832$)，其次為高雄市(15.9%)，其他依序為臺中市(15.8%)、臺東縣(12.3%)、南投縣(6.3%)、嘉義縣(6%)、苗栗縣(4.3%)、屏東縣(0.8%)、桃園市(0.3%)、新竹縣(0.3%)，然在宜蘭縣則僅有 1 筆較偏離中央山脈主稜的目擊點位，即礁溪的五峰旗附近，以及 1 筆西南側與臺中市交界的山區之紀錄，共 2 筆(0.1%)。

以臺灣山脈地理區域來看，海岸山脈於本計畫無任何有熊出現紀錄。有熊點位主要位於中央山脈地區(79.1%)包括玉山山脈、阿里山山脈。北部的雪山山脈佔 20.9%，然主要集中在大雪山森林遊樂區鄰近地區和雪霸國家公園西南部。若進一步將中央山脈地區約西以南投縣信義鄉的丹大溪，以及東以花蓮縣萬榮鄉的馬鞍溪為界，則有熊點位於此區以北範圍資料稀疏，不及百分之一(0.5%)，比例上明顯偏低(圖 13)。

以國有林事業區(面積約為本島 43%)來看，分別佔有 93.7%有熊點位($n=1,717$)及 88.0%有熊格($n=621$)出現於國有林事業區範圍內；另有 85 個有熊格則出現於國有林事業區以外的地區(圖 14)，且多數位於玉山國家公園轄區內的信義鄉範圍($n=23$)，以及卓溪鄉($n=15$)、海端鄉($n=14$)及茂林區($n=10$)。

就中央山脈保育廊道(保護區系統包括國家公園、自然保留區、野生動物重要棲息環境，以及野生動物保護區，占本島面積 17.7%)來看，57.5%的有熊格位於此保護區系統內。保護區外的有熊格主要位於大雪山森林遊樂區周遭、嘉義縣阿里山鄉、花蓮縣卓溪鄉、臺東縣海端鄉、臺東縣延平鄉、高雄市茂林區和桃源區(如藤枝森林遊樂區周遭)(圖 15)。

在 6 個面積較大($>500 \text{ km}^2$)的保護區中，玉山國家公園有熊點位或有熊格的紀錄頻度最高(以有熊網格為例: 0.216 格/km^2)，皆遠高於另 2 個國家公園(雪霸國家公園: 0.073；太魯閣國家公園: 0.005)；2 個面積較小($<8 \text{ km}^2$)者，且皆緊鄰國家公園的保護區，即雪山坑溪和鹿林山野生動物重要

棲息環境，前者有熊格出現百分比(16.7%)僅低於有熊格出現百分比最高的鹿林山野生動物重要棲息環境(100%)，以及次高的玉山國家公園(21.3%)。瑞岩溪野生動物重要棲息環境則未有任何紀錄，有熊格出現頻度較低者(<0.020)為大武山自然保留區(0.011)、棲蘭野生動物重要棲息環境(0.008)，以及太魯閣國家公園(0.005)(表 8)。

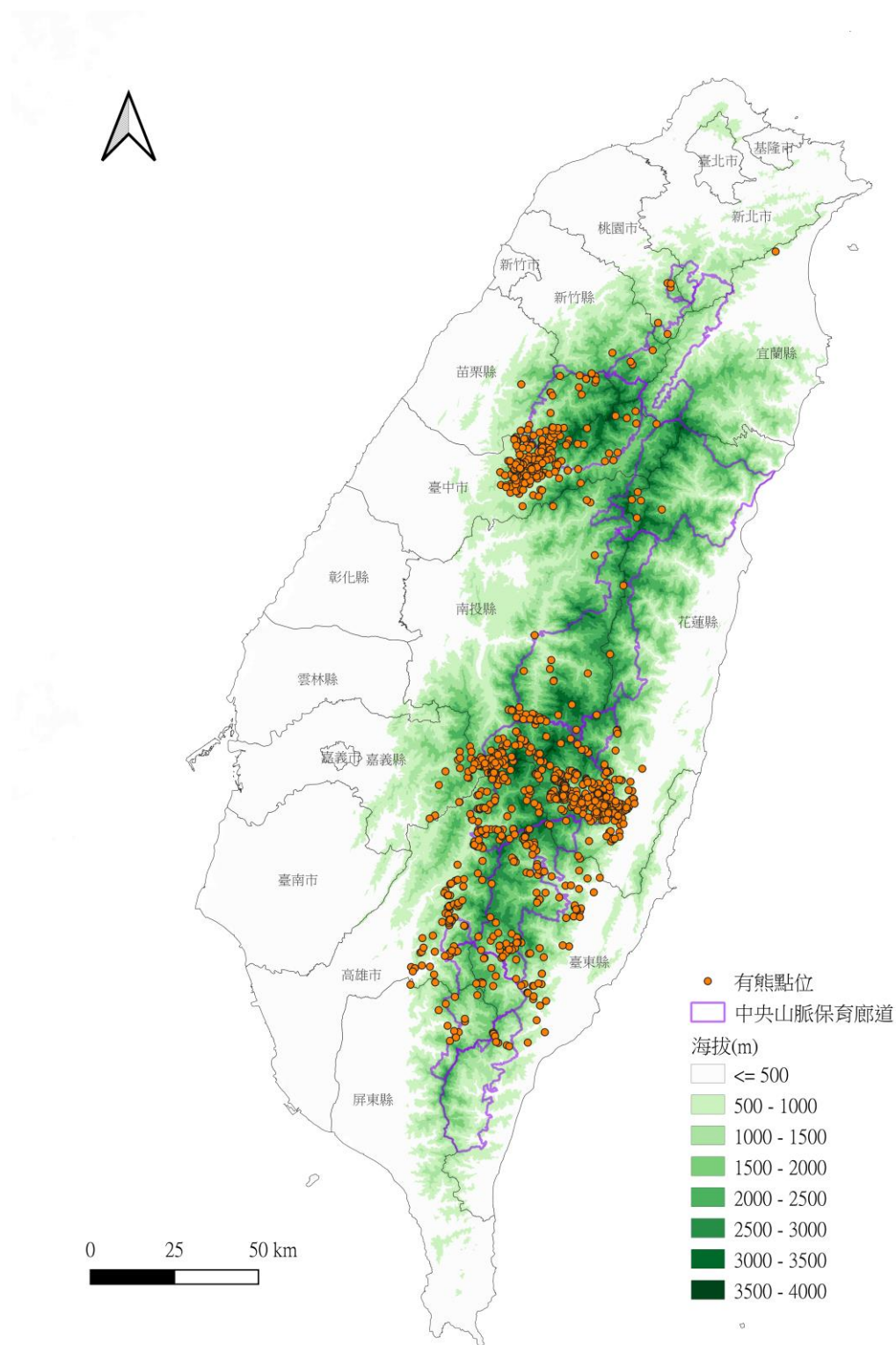


圖 11、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集有熊點位(精準度在 4 km² 內，n=1,832)之分布情況。

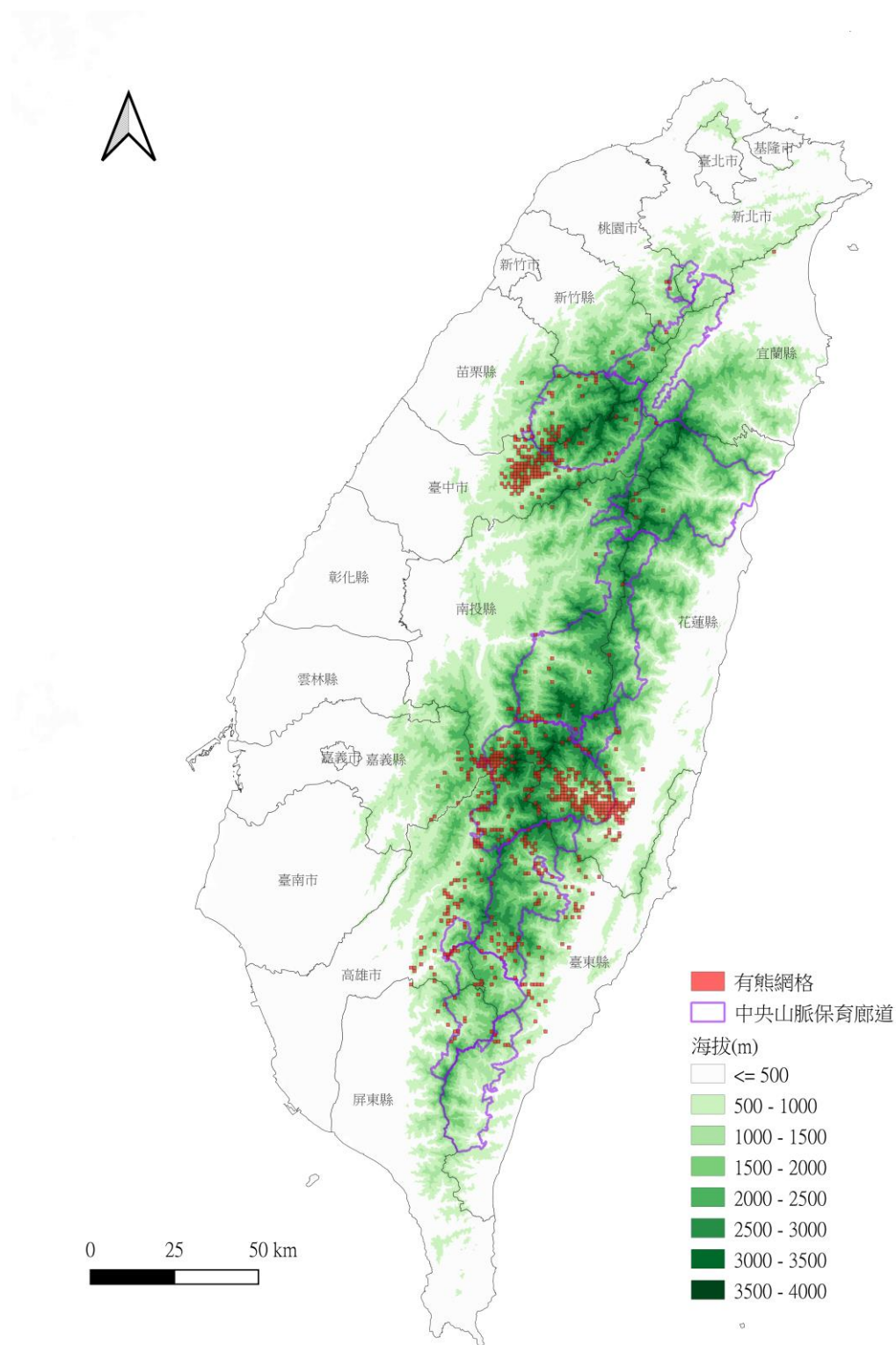


圖 12、2011 年 1 月至 2023 年 7 月收集的有熊點位($n=1,832$ ，圖 11)轉換成 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 有熊網格($n=706$)之分布情況。

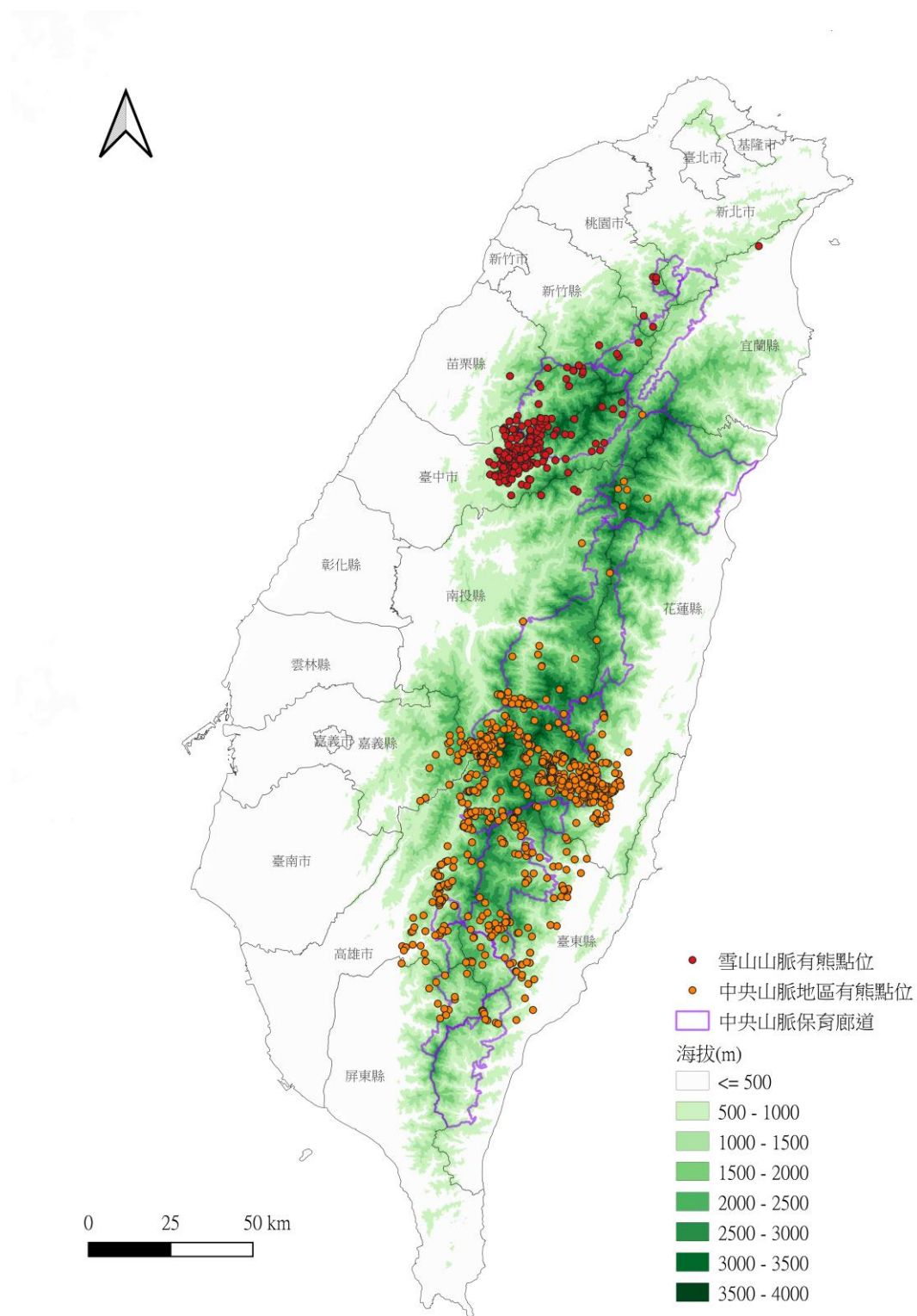


圖 13、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊點位(n=1,832)於臺灣全島之分布情況，其中橙點於中央山脈，紅點於雪山山脈。

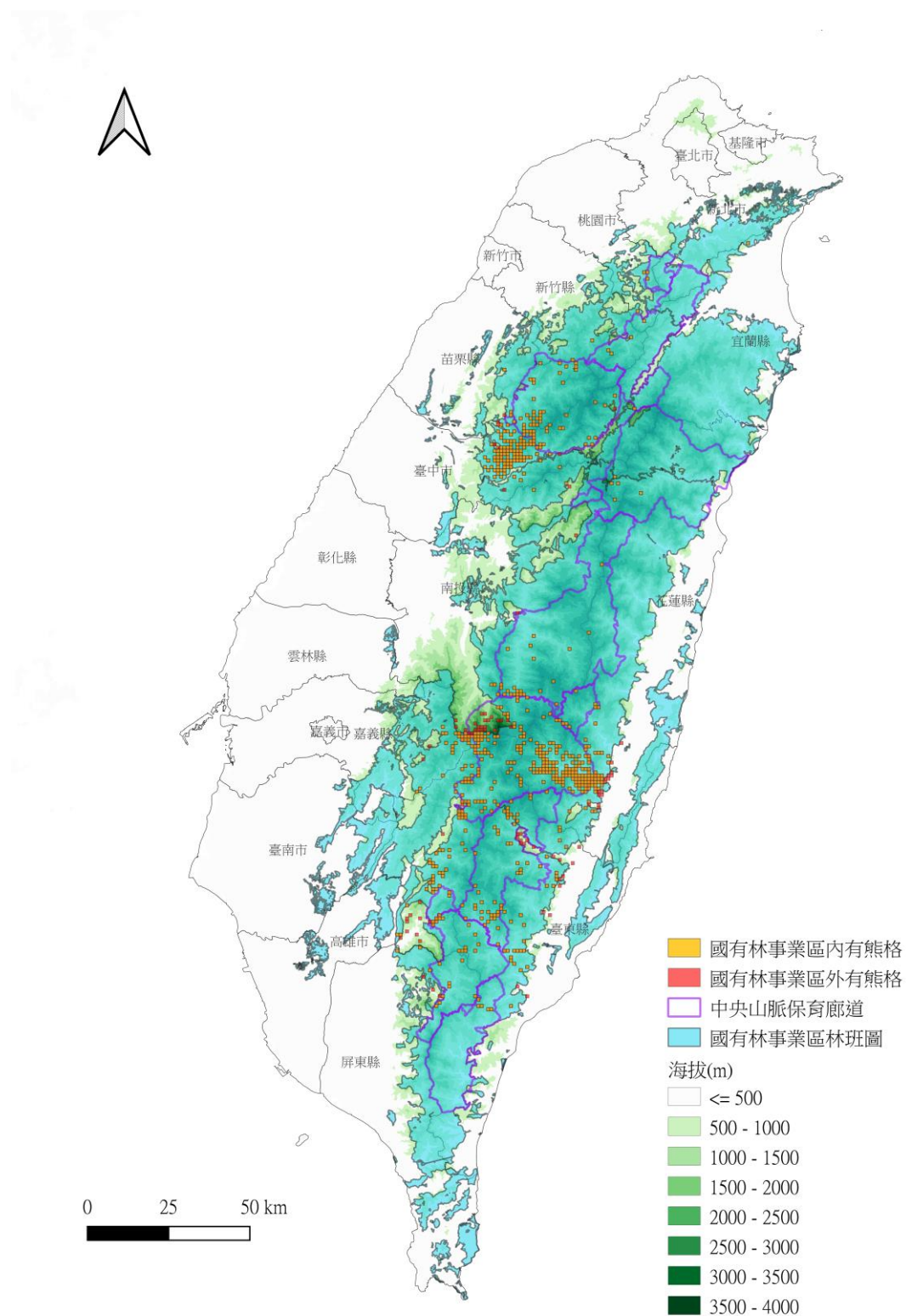


圖 14、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊網格(1×1 km²，n=706)於國有林事業區之分布情況。

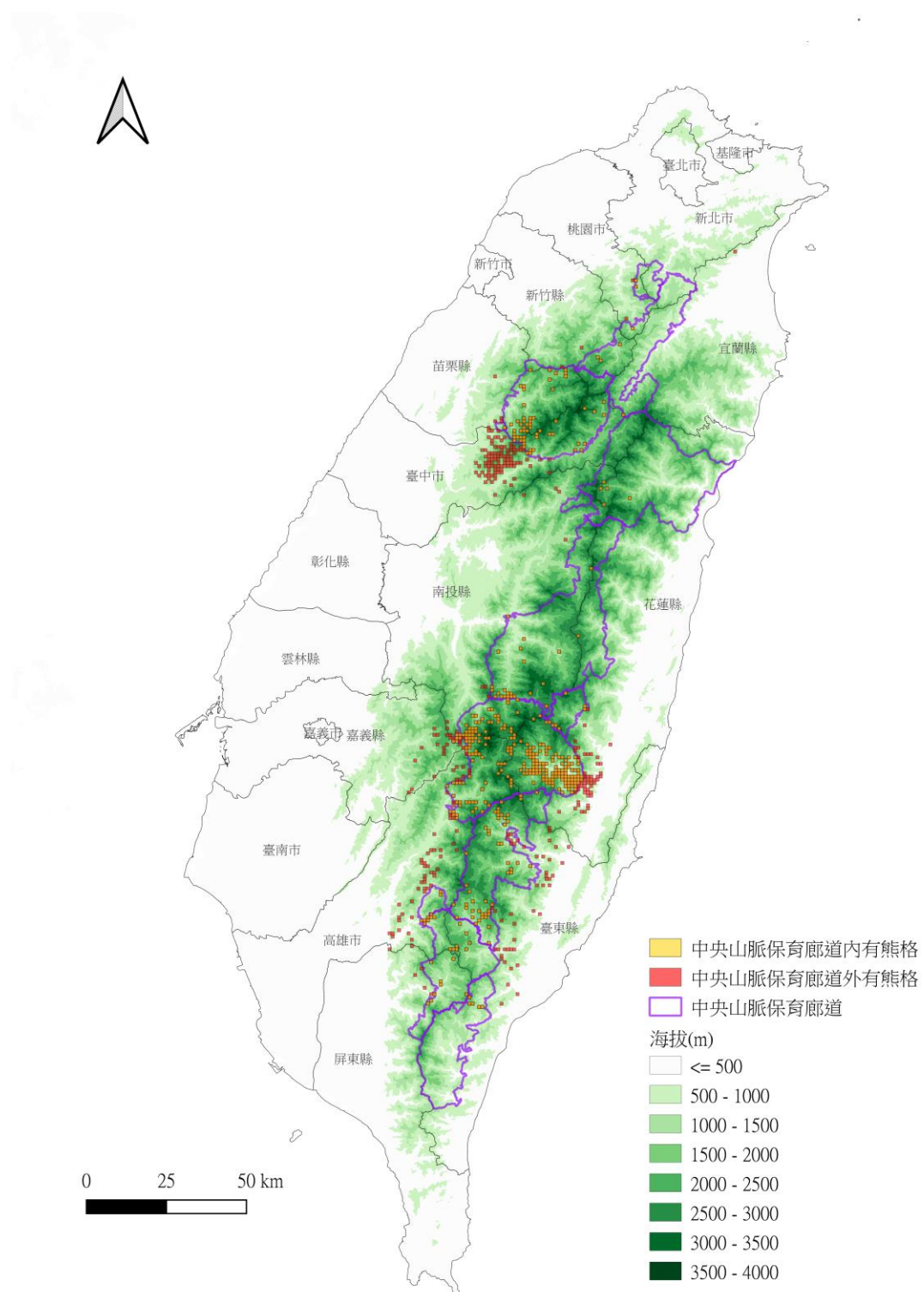


圖 15、2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊網格(1×1 km²，n=706)於中央山脈保育廊道保護區系統之分布情況。

表 8、有熊點位和有熊網格(1×1 km²)於中央山脈保育廊道保護區系統分布情形。

區域(由北至南排列)	面積 (km ²)	全島面積 百分比(%)	有熊點位		有熊格 ^a		
			數值	密度 (n/km ²)	數值	佔該區域 百分比(%)	出現頻度 (n/km ²)
中央山脈保育廊道	6,315	17.7	1,156	0.183	406	6.3	0.064
(1)插天山自然保留區	78	0.2	2	0.026	2	2.6	0.026
(2)棲蘭野生動物重要棲息環境	611	1.7	5	0.008	5	0.9	0.008
(3)雪霸國家公園	769	2.2	105	0.137	56	7.3	0.073
(4)太魯閣國家公園	920	2.6	5	0.005	5	0.5	0.005
(5)雪山坑溪野生動物重要棲息環境	7	0.0	2	0.298	1	16.7	0.149
(6)瑞岩溪野生動物重要棲息環境	26	0.1	0	0.000	0	0.0	0.000
(7)丹大野生動物重要棲息環境	1,100	3.1	43	0.039	23	1.9	0.021
(8)玉山國家公園	1,031	2.9	763	0.740	223	21.3	0.216
(9)鹿林山野生動物重要棲息環境	5	0.0	30	6.073	6	100.0	1.215 ^a
(10)玉里野生動物保護區	114	0.3	8	0.070	6	5.2	0.053
(11)關山野生動物重要棲息環境	691	1.9	143	0.207	48	7.0	0.069
(12)出雲山自然保留區	62	0.2	9	0.144	6	10.5	0.096
(13)雙鬼湖野生動物重要棲息環境	432	1.2	32	0.074	20	4.1	0.046
(14)大武山自然保留區	470	1.3	9	0.019	5	1.1	0.011
非中央山脈保育廊道	29,452	82.3	676	0.023	300	1.0	0.010
總計	35,767	100.0	1,832	0.051	706	1.9	0.020

^a 有熊網格佔該區域百分比為計算有熊網格數/該區域範圍網格數，而出現頻度為直接計算有熊網格數/該區域面積，因此有數值>1.0 的情況。

棲地環境分析中僅使用精準點位或有現地觀察棲地環境的資料(n=1,807)，有熊點位主要出現在森林(88.3%)，其中半數在闊葉林中(52.6%)，其次針闊葉混合林(22.2%)、針葉林(13.5%)。其它依次為山屋(3.1%)、道路(2.3%)、河川湖泊(2.2%)、農地(1.7%)、草生地(1.6%)、竹林(0.3%)、裸露地(0.2%)，其他人為建物(0.3%)如廢棄工作站、觀景臺、遊客中心、聚落等，共 5 筆紀錄。

不同資料類型的有熊點位出現於各棲地類型的比例有顯著差異(Test of Homogeneity, $\chi^2=451.3$, $df=40$, $p<0.001$)。出現於森林的比例為 58.6-97.1% 不等，於 3 種森林林型的相對出現紀錄頻度大致類似，闊葉林皆大於針闊葉混合林或針葉林。除森林之外，目擊紀錄有相對較高比例出現於馬路(11.4%)及山屋(8.0%)；通報救傷和死亡則有 20.7%出現於農地，以及 13.8%於河川湖泊(表 9)。

有熊點位的最低海拔分布紀錄為 202 m，乃 2020 年位於花蓮縣卓溪鄉卓樂橋頭農地(和森林交界處)的一死亡雌熊，而最高紀錄為 3,524 m，乃 2022 年位於玉山國家公園排雲山莊水源頭的目擊紀錄，這也是唯一 1 筆直接觀測熊出現於>3,500 m 的紀錄。有熊點位(n=1,832)主要出現於中海拔 1,000-2,500 m(n=1,233, 67.3%)，其中紀錄以 1,000-2,000 m(49.4%)最常見，依次為 2,000-3,000 m(28.5%)，<1,000 m(17.9%)，>3,000 m 則僅 4.2%(圖 16)。

由於有熊點位的海拔分布並未符合常態分佈(p-value<0.05)，遂以中位數以及四分位距初步呈現資料分布情況。整體有熊點位海拔中位數與四分位距為 1,694±985 m(範圍 202-3,524 m，n=1,832)。痕跡類型海拔中位數與四分位距為 1,620±831 m(範圍 290-3,436 m，n=491)；目擊類型海拔中位數與四分位距為 1,637±1291 m(範圍 218-3,524 m，n=278)；人造衛星追蹤及研究捕捉繫放類型海拔中位數與四分位距為 1,575±732 m(範圍 302-3,358 m，n=350)；自動相機類型海拔中位數與四分位距為 1,865±1,040 m(範圍 214-3,447 m，n=683)；通報救傷和死亡類型海拔分布較低，主要出現於 1,000

m 以下區域，中位數與四分位距為 914 ± 831 m(範圍 202-2,871 m，n=30)(圖 17)。

痕跡類型、目擊類型、人造衛星追蹤及研究捕捉繫放類型、自動相機類型、通報救傷和死亡類型的海拔分布有顯著差異(Kruskal-Wallis analysis, $X^2=80.198$, $df=4$, $p<0.001$)。事後比較 Dunn 檢定顯示，自動相機海拔分布顯著高於其他 4 種類型($z=4.83$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=4.59$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=6.44$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=6.31$, adjusted $p\text{-value}<0.001$)，而通報救傷和死亡類型的海拔分布則顯著低於其他 4 種類型($z=-4.74$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=-4.43$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=-6.31$, adjusted $p\text{-value}<0.001$; $z=-3.96$, adjusted $p\text{-value}<0.001$)。

表 9、不同資料類型的有熊點位所屬之棲地環境類型。

棲地 類型	資料類型										總計	百分比 (%)
	痕跡		目擊		人造衛星追蹤及 研究捕捉繫放		自動相機		通報救傷和 死亡			
	n	百分比(%)	n	百分比(%)	n	百分比(%)	n	百分比(%)	n	百分比(%)		
闊葉林	246	50.9	84	31.9	238	68.0	369	54.1	13	44.9	950	52.6
針闊葉混合林	139	28.8	67	25.5	52	14.8	140	20.5	3	10.4	401	22.2
針葉林	22	4.6	28	10.7	50	14.3	143	21.0	1	3.4	244	13.5
山屋	16	3.3	21	8.0	0	0	19	2.8	1	3.4	57	3.1
道路	10	2.1	30	11.4	0	0	1	0.1	0	0.0	41	2.3
河川湖泊	21	4.3	9	3.4	6	1.7	0	0.0	4	13.8	40	2.2
農地	16	3.3	8	3.0	0	0.0	0	0.0	6	20.7	30	1.7
草生地	13	2.7	9	3.4	1	0.3	6	0.9	0	0.0	29	1.6
竹林	0	0.0	3	1.1	1	0.3	1	0.1	1	3.4	6	0.3
其他人為建物	0	0.0	2	0.8	0	0.0	3	0.5	0	0.0	5	0.3
裸露地	0	0.0	2	0.8	2	0.6	0	0.0	0	0.0	4	0.2
總計	483	100.0	263	100.0	350	100.0	682	100.0	29	100.0	1,807	100.0

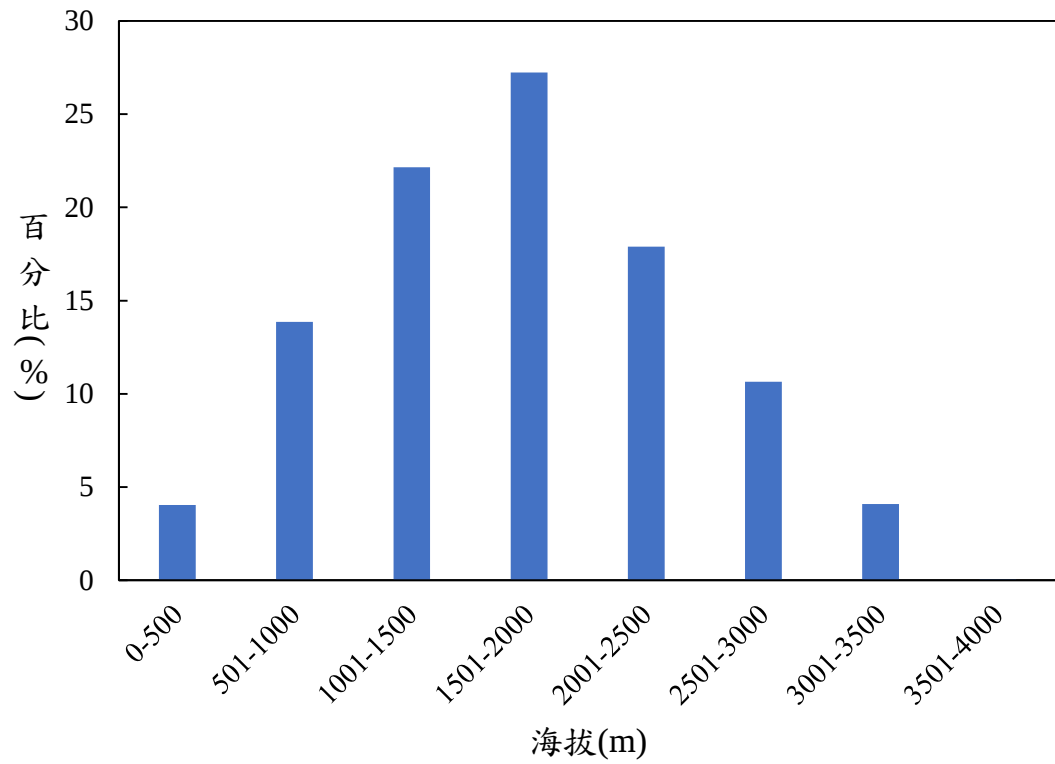


圖 16、本計畫收集 2011 年至 2023 年 7 月有熊點位於不同海拔梯度的分布情況。

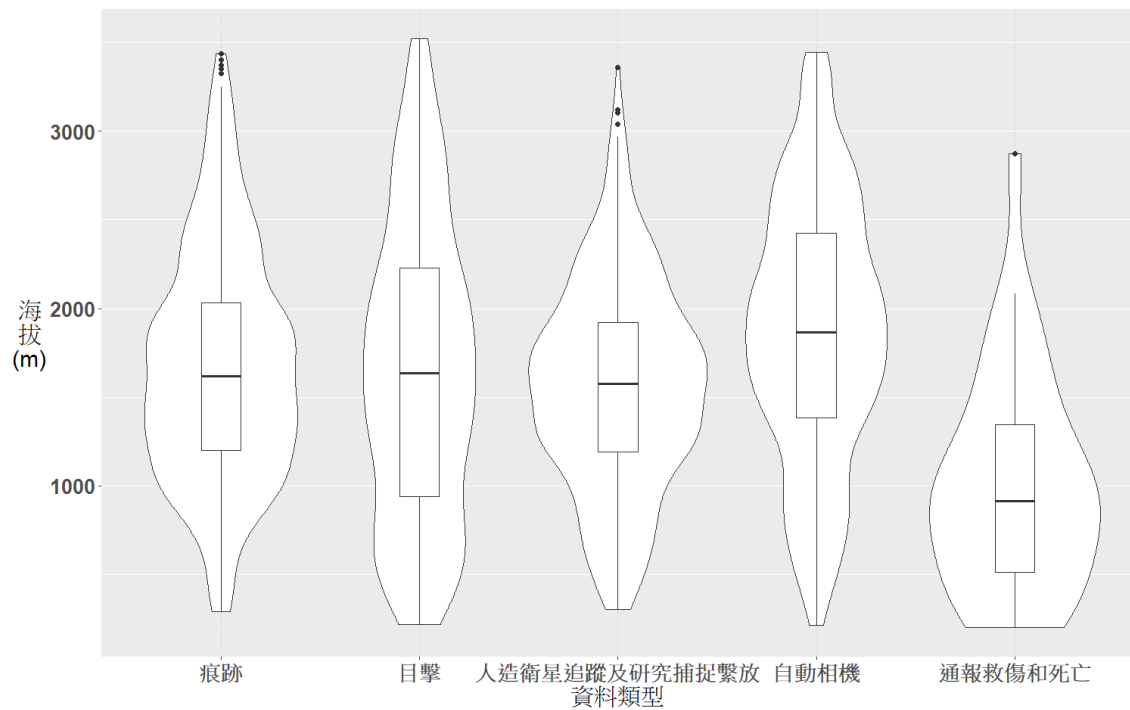


圖 17、不同資料類型的有熊點位(n=1832)之海拔分布情況。

三、臺灣黑熊分布預測模式

(一)本期(2011-2023 年)分布預測模式

本期研究 MaxEnt 模式利用經 Sphing 篩選後的 542 筆有熊網格，以 75:25 比例隨機劃分訓練資料和驗證資料。模式預測結果顯示，訓練及驗證模式的 AUC 值分別為 0.87(SD=0.01)及 0.85(SD=0.01)(圖 18)，皆大於 0.8，顯示模型適合度良好。

邏輯輸出的連續機率分布圖顯示，預測黑熊分布機率較高且較大範圍的區域有幾處(圖 19)：(1)北部：黑熊分布機率較高的地區為雪霸國家公園西北部，以及大雪山森林遊樂區及周邊地區；另為太魯閣國家公園東側和中部山區，以及鄰近的能高越嶺古道。(2)中部：玉山國家公園及鄰近地區，包括丹大野生動物重要棲息環境南部區域。(3)南部：關山野生動物重要棲息環境南部，以及出雲山自然保留區周邊和雙鬼湖野生動物重要棲息環境。

使用 Maximum training sensitivity plus specificity Logistic threshold 作為二元分布的閾值，預測分布機率大於閾值 0.288 以上者視為預測熊出現的網格($1 \times 1 \text{ km}^2$)，即預測黑熊潛在分布區有 $11,229 \text{ km}^2$ ，訓練資料的遺漏率為 0.074，驗證資料的遺漏率為 0.116(圖 20)。

除海岸山脈預測沒有熊分布之外，潛在黑熊分布區北部達南北插天山至東眼山一帶，但此區遭北橫公路切割以及往返新竹縣尖石鄉部落的道路密集，於巴陵至泰崗地區呈現破碎化情況(圖 20)。臺 7 甲線以及周遭的人為干擾如聚落及農地，阻隔了蘭陽溪上游兩岸的黑熊分布，臺 7 甲線以東預測黑熊分布僅達太平山一帶。雪霸國家公園及太魯閣國家公園大多呈現連續分布，惟雪霸國家公園的志佳陽大山—油婆蘭山一帶、太魯閣國家公園的馬比杉山以南至竹村一帶及屏風山屋—奇萊北峰地區呈現較破碎的分布。中部丹大野生動物重要棲息環境於能高山—安東軍山、卓社大山—鳶山一帶，黑熊潛在分布較為破碎及零星。玉山國家公園即以南區域的預

測分布大多維持完整且連續分布，分布南界可抵大武山自然保留區以南的浸水營古道。

若進一步以自然間斷法將黑熊潛在分布區分三級，則低潛在分布區(分布機率為 0.288-0.424)面積共 4,817 km²(42.9%)；中潛在分布區(機率為 0.425-0.566)面積共 4,397 km²(39.2%)；高潛在分布區(機率為 0.567-0.858)面積共 2,015 km²(17.9%)(圖 21)。其中，高潛在分布區面積不及五分之一，而連續且面積大於 50 km²的區域由北至南依序為雪霸國家公園西北部(108 km²)、大雪山森林遊樂區周邊(69 km²)、太魯閣國家公園東部(83 km²)、能高越嶺古道周遭(74 km²)；玉山國家公園及周遭多有連續高潛在分布區，大致可分為西北部至阿里山一帶(158 km²)、另有一段連續大面積分布從丹大野生動物重要棲息環境南部往西南，依序連接馬博橫斷、清代八通關古道、日治八通關古道、南二段南段、魔保來山、南橫一帶(449 km²)；關山野生動物重要棲息環境南部及相連之雙鬼湖野生動物重要棲息環境北部為最南端之連續大面積高潛在分布區(141 km²)。另外值得注意的是，幾處省道經過的區域周遭有連續小面積(扣除涵蓋道路的網格仍大於 10 km²)高潛在分布區，分別為臺 7 甲線思源埡口至勝光、臺 8 線關原至 140 km、臺 8 線天祥至燕子口、臺 21 線 124 km 經塔塔加至臺 18 線 80 km、臺 20 線臨 105 線 13 km 經向陽至臺 20 線 158 km。

各項環境因素與黑熊潛在分布圖之關係分述如下。

1.海拔

MaxEnt 模式所預測黑熊潛在分布結果顯示，黑熊潛在分布範圍主要分布於海拔 1,000-2,500 m (68.3%)，平均海拔為 1,704±693m(範圍 205-3,662 m)，顯著高於全島的平均海拔(771±839 m，範圍 2-3,662 m, Mann-Whitney U test, $p<0.001$)。

2.坡度

黑熊潛在分布範圍之平均坡度為 12.6±5.4°(範圍 0.1-32.9°)，顯著高於高於全島的平均坡度(7±6.4°，範圍 0-32.9°， $p<0.001$)。

3.坡向

黑熊潛在分布範圍之坡向於東南有最高比例(16.1%)，其其次依序為西北(12.9%)、東(12.8%)、北(12.4%)、南(12.1%)、西南(12%)、西(12%)、東北(9.8%)，而全島坡向分布以西北比例最高(17.7%)，其他依序為西(17.1%)、東南(12.6%)、西南(11.8%)、北(11.1%)、東(11.0%)、南(9.8%)、東北(8.9%)，兩者坡向比例不同($\chi^2=420.97$, $p<0.001$, $df=7$)。

4.闊葉林面積比率

黑熊潛在分布範圍之平均闊葉林面積比率為 0.55 ± 0.35 (範圍 0-1)，顯著高於全島的平均闊葉林面積比率(0.39 ± 0.36 ，範圍 0-1， $p<0.001$)。

5.針闊葉混合林面積比率

黑熊潛在分布範圍之平均針闊葉混合林面積比率為 0.12 ± 0.18 (範圍 0-1)，顯著高於全島的平均針闊葉混合林面積比率(0.05 ± 0.13 ，範圍 0-1， $p<0.001$)。

6.竹林面積比率

黑熊潛在分布範圍之平均竹林面積比率為 0.01 ± 0.05 (範圍 0-0.83)，顯著低於全島的平均竹林面積比率(0.06 ± 0.14 ，範圍 0-1， $p<0.001$)。

7.NDVI

黑熊潛在分布範圍之平均 NDVI 為 0.81 ± 0.08 (範圍-0.02-0.95)，顯著高於全島的平均 NDVI (0.64 ± 0.27 ，範圍-0.55-0.95， $p<0.001$)。

8.與河流距離

黑熊潛在分布範圍之平均與河流距離為 512 ± 405 m(範圍 0-3,146 m)，略低於全島平均與河流距離(571 ± 809 m，範圍 0-15,455 m， $p<0.001$)。

9.道路密度

黑熊潛在分布範圍有 84.4%的潛在分布地區位於無道路區域，平均道路密度為 269 ± 952 m/km² (範圍 0-17,875 m/km²)，遠低於全島的平均道路密

度($3,948 \pm 4,490 \text{ m/km}^2$ ，範圍 0-29,693 m/km^2 ， $p < 0.001$)。

10.與道路距離

黑熊潛在分布範圍平均與道路距離為 $4,431 \pm 4,065 \text{ m}$ (範圍 0-18,111 m)，高於全島的平均與道路距離($1,750 \pm 3,229 \text{ m}$ ，範圍 0-18,111 m， $p < 0.001$)。

11.與中央山脈保育廊道距離

黑熊潛在分布範圍平均與中央山脈保育廊道距離為 $1,820 \pm 2,886 \text{ m}$ (範圍 0-17,304 m)，遠低於全島的平均與中央山脈保育廊道距離($20,665 \pm 19,601 \text{ m}$ ，範圍 0-87,294 m， $p < 0.001$)。

12.與農地距離

黑熊潛在分布範圍平均與農地距離為 $7,293 \pm 4,558 \text{ m}$ (範圍 0-22,804 m)，高於全島的平均與農地距離($3,343 \pm 4,092 \text{ m}$ ，範圍 0-22,804 m， $p < 0.001$)。

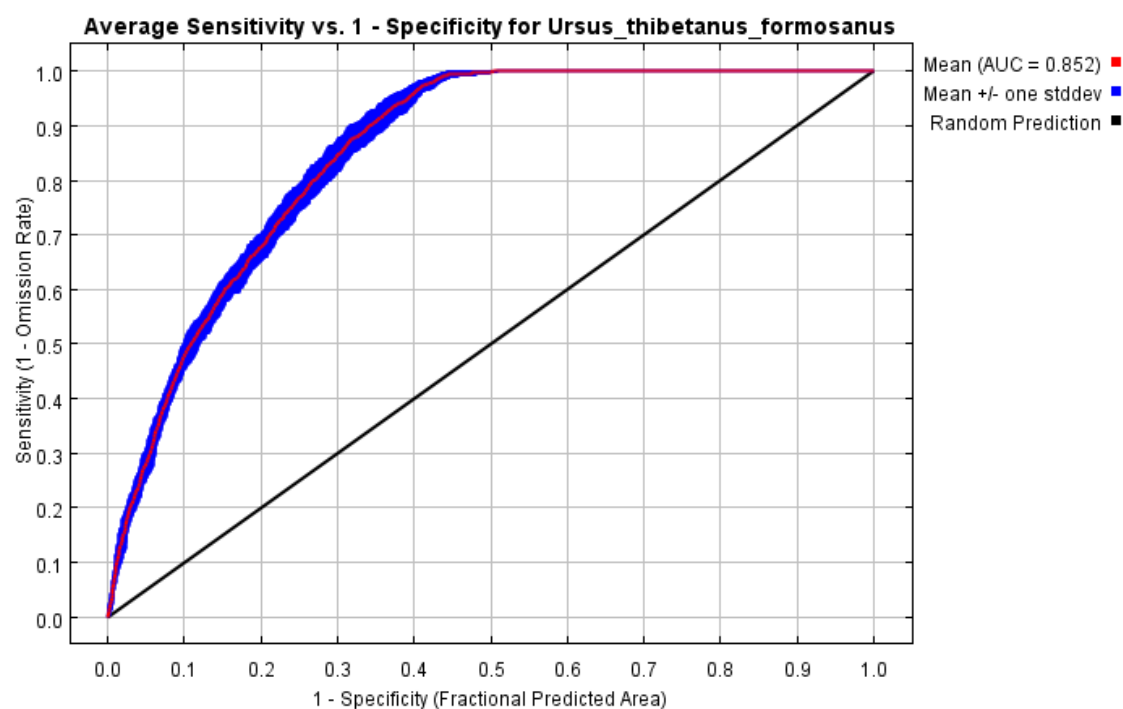


圖 18、本期 MaxEnt 預測模式之驗證資料受方操作(receiver operating characteristic, ROC)曲線，受方操作曲線下面積(AUC)值為 0.85。

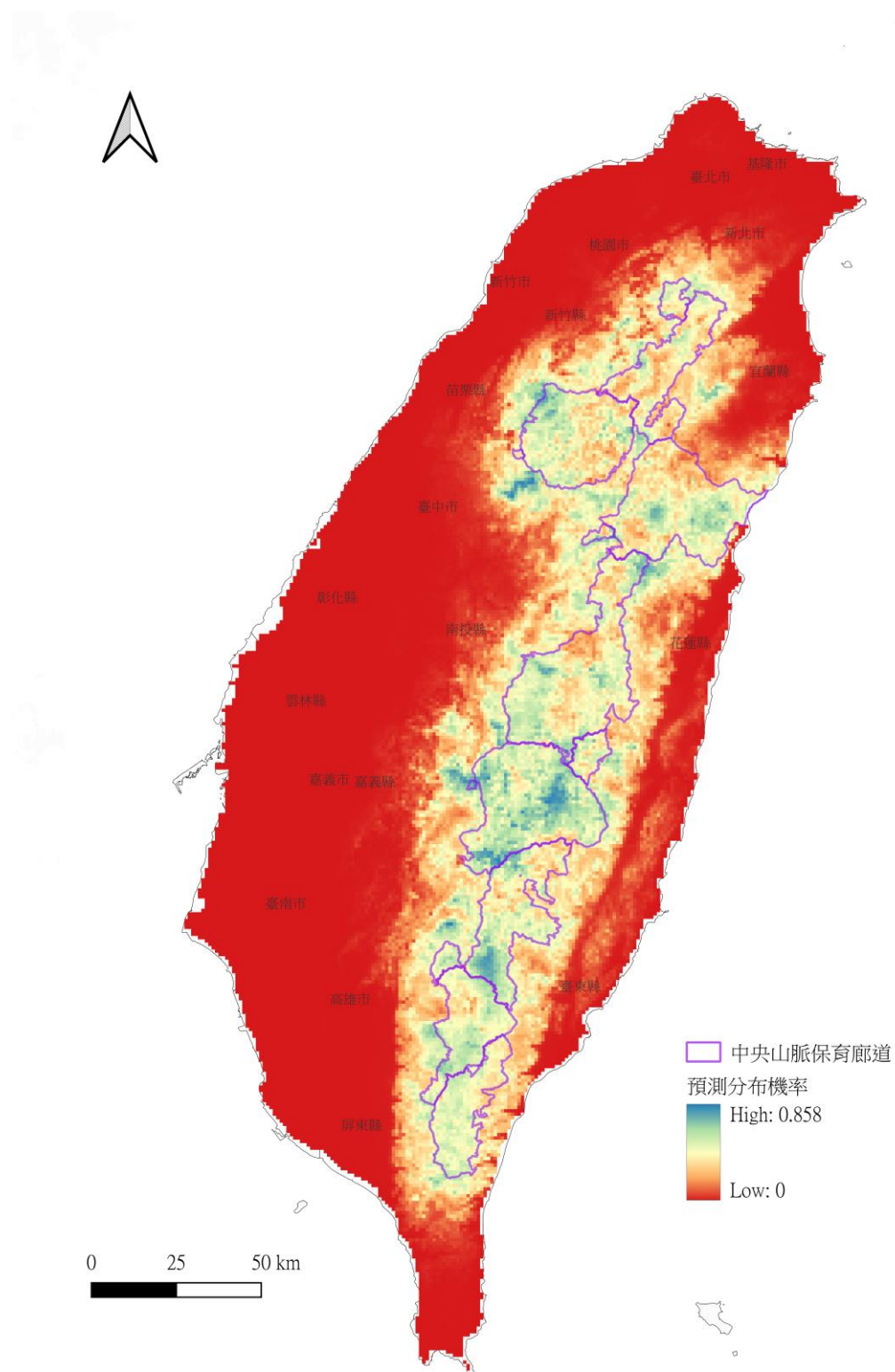


圖 19、利用本期 2011 年至 2023 年 7 月收集的有熊資料，以 MaxEnt 預測臺灣黑熊的相對分布機率(logistic)圖。

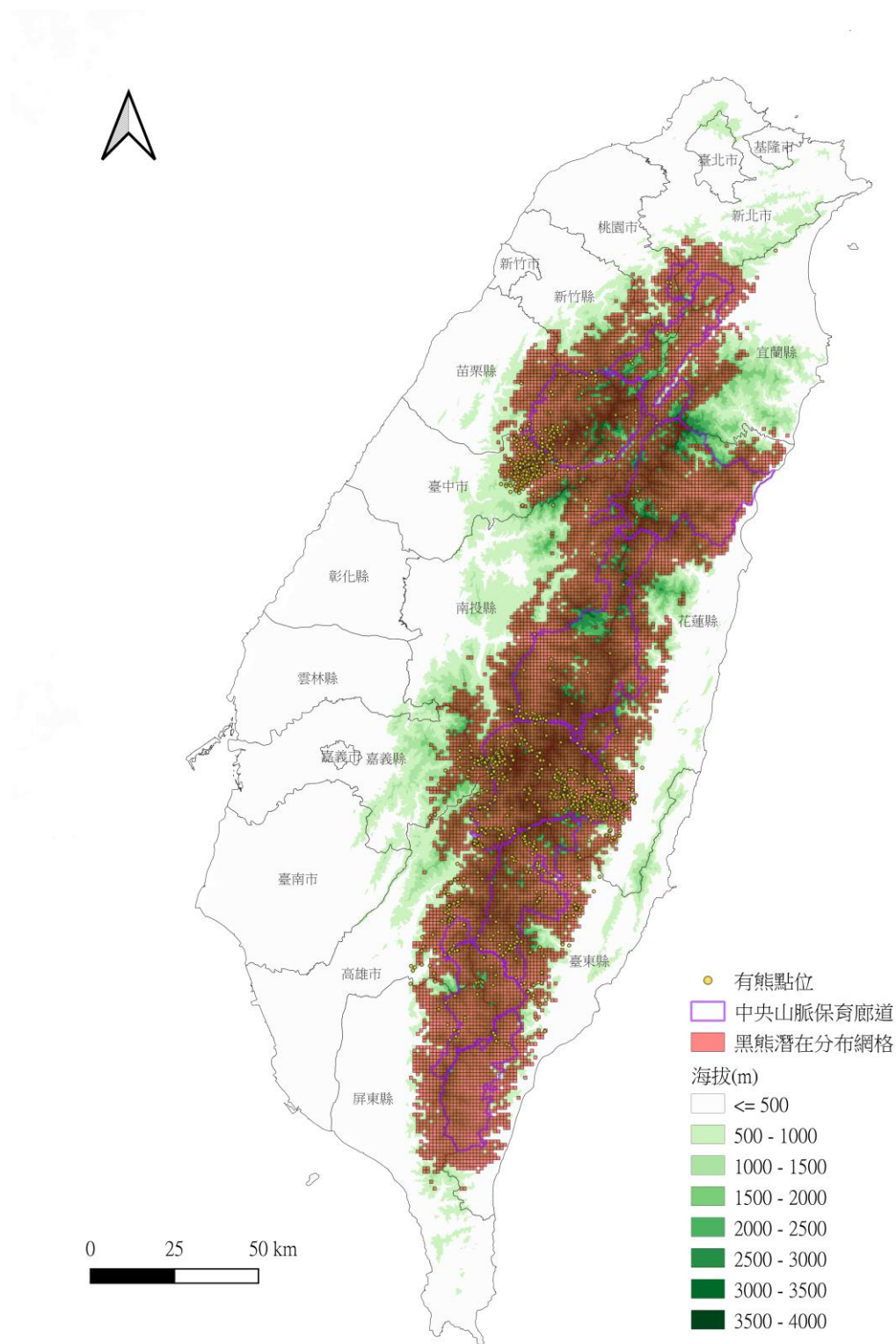


圖 20、以 MaxEnt 模式利用 2011-2023 年 7 月有熊資料所預測臺灣黑熊潛在地理分布圖(1x1 km² 網格)。

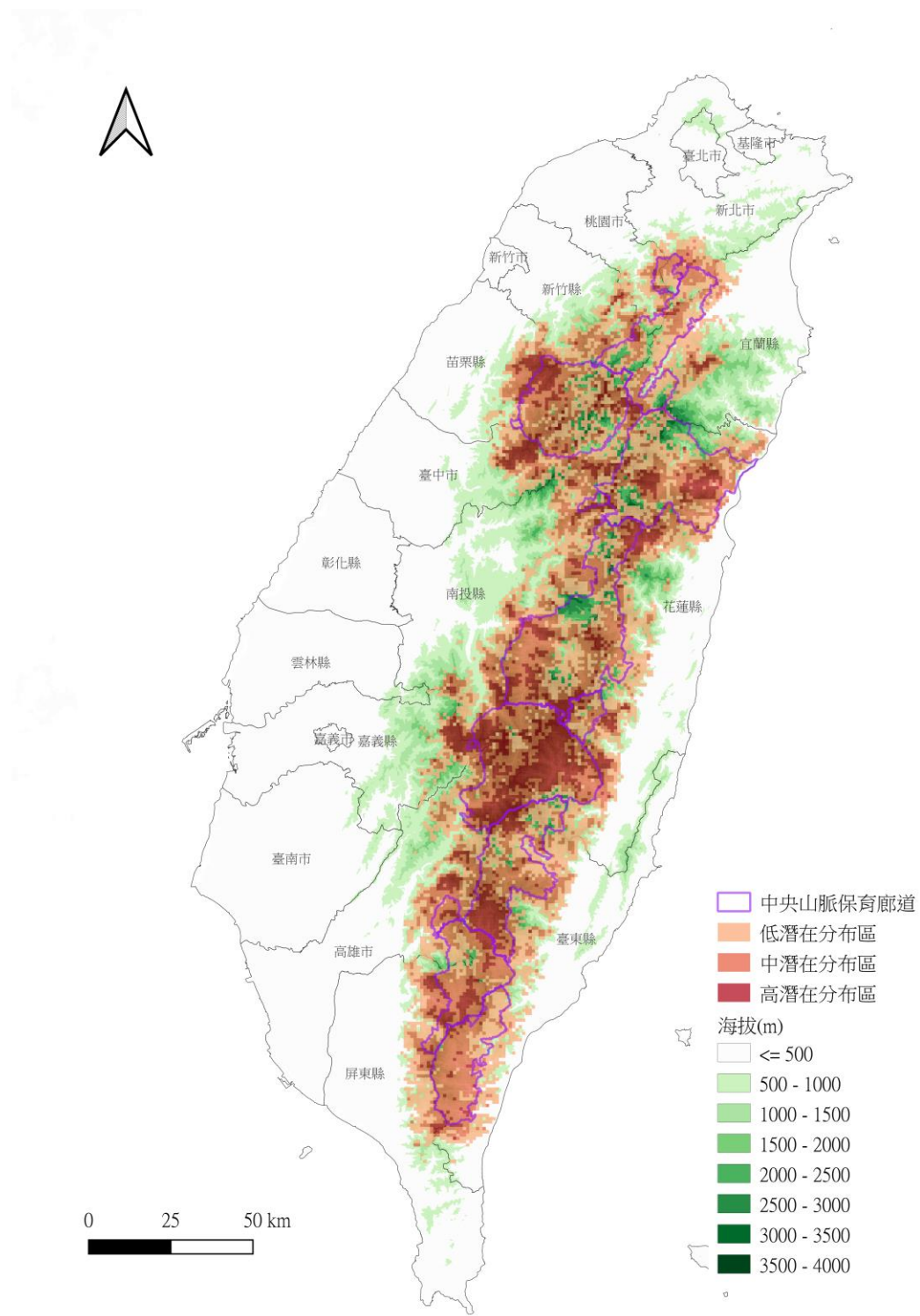


圖 21、以 MaxEnt 模式利用 2011-2023 年 7 月有熊資料所預測的臺灣黑熊潛在分布區域之預測機率分級圖(1x1 km² 網格)。

MaxEnt 模式分析各項環境變數的相對貢獻度顯示，與中央山脈保育廊道距離(dist_central reserves, 56.0%)對預測模式的影響最高，其次為海拔(ele, 25.3%)，第三為與農地距離(dist_agriculture, 5.5%)，其他依次為與道路距離(dist_road, 4.9%)、闊葉林面積百分比(broadleaf percent, 2.4%)、道路密度(road_den, 1.9%)、NDVI(1.4%)、坡向(aspect, 0.8%)、竹林面積百分比(bamboo percent, 0.7%)、坡度(slope, 0.4%)、針闊葉混合林面積百分比(mixed forest percent, 0.4%)、與河流距離(dist_river, 0.3%)。

就折刀分析方法的單一獲益來看，當預測表現能力是使用以驗證獲益(test gain)測量時，與中央山脈保育廊道距離(0.773)是為解釋預測結果最有效的因子，其次為海拔(0.698)、與農地距離(0.594)。解釋力最差變因為坡向(0.015)、次差的為與河流距離(0.080)、闊葉林面積百分比(0.083)(圖 22)。若當測試表現能力是使用 AUC 測量時，各變數對預測模式影響程度最高的前三名和 test gain 相同。就獨缺損失來看，當預測表現能力是使用以驗證獲益(test gain)測量時，對預測模式影響最高的前三名依序為與中央山脈保育廊道距離(0.105)、與道路距離(0.060)、與農地距離(0.046)。若以 AUC 獨缺損失測量時，前三項影響因素的排序亦相同(圖 22，表 10)。

若僅考量單一的變數，MaxEnt 分析該項變數與預測分布機率的反應曲線(圖 23)。預測分布機率與變數呈負相關趨勢者包括竹林面積百分比、道路密度，以及與中央山脈保育廊道距離，且當後兩者變數增高至某一值時，分布機率便趨近 0。反之，預測分布機率與變數呈正相關趨勢的變數有海拔、坡度、NDVI、闊葉林面積比率、與道路距離，以及與農地距離。與河流距離的分布機率呈現隨距離增加至 0.5 km 時，有最高的分布機率，而距離超過 1.5 km 之後，則呈負相關趨勢。針闊葉混合林面積的機率分布在初始時隨著面積增加急遽上升，隨後維持相近水平但略微下降，面積接近 9 成時又上升至最高。坡向除了西向坡、西北坡的分布機率較低外，其餘 6 個坡向的分布機率無明顯差異。

綜合各因素對預測模式的相對貢獻度，以及解釋力(單一獲益)和影響程度(獨缺損失)，依上述前三名的環境變數(表 10)與黑熊分布機率的關係分述如下(共計 4 項環境因素)。

1.與中央山脈保育廊道距離

與中央山脈保育廊道距離因素於模式之相對貢獻度和 test gain，以及 AUC 單一獲益和獨缺損失的解釋力和影響程度皆為最高。黑熊在中央山脈保育廊道內的潛在分布機率最高，隨著與中央山脈保育廊道距離增加，潛在分布機率急遽降低，距離 10 km 時，潛在分布機率已降至 0.25，低於本研究設定之閾值，距離超過 25 km 時，分布機率近乎等於 0(圖 23-12)。

2.海拔

還拔因素於模式之相對貢獻度，以及 test gain 及 ACU 的解釋力皆為次高。黑熊潛在分布機率於海拔大於 250 m 後迅速增加，直至 1,500 m，隨後在海拔 1,500-3,000 m 之間小幅度上升。超過此海拔之後，分布機率雖隨海拔而增加，然在 10 次模式重複運行的變異也變大 (圖 23-1)。

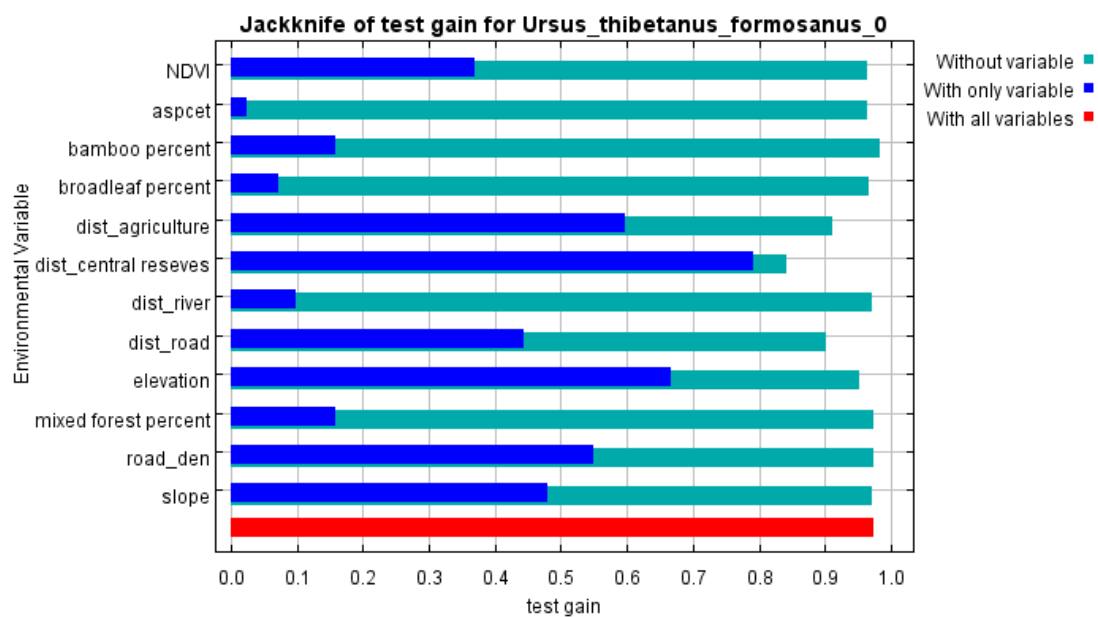
3.與道路距離

與道路距離因素於模式之 test gain 及 AUC 獨缺損失檢測對模式表現影響程度次高。隨著與道路距離增加，黑熊分布機率急遽上升，距離超過 500 m 時，分布機率上升幅度較為和緩，但仍呈現正相關之趨勢(圖 23-10)。

4.與農地距離

與農地距離因素之於模式相對貢獻度，以及在 test gain 及 ACU 的解釋力和影響程度皆為第三。分布機率隨著與農地距離增加而上升，在與農地距離約 5 km 以內的上升幅度最大，而後上升幅度較為趨緩，呈現正相關之趨勢(圖 23-11)。

(A) Jackknife of test gain



(B) Jackknife of AUC

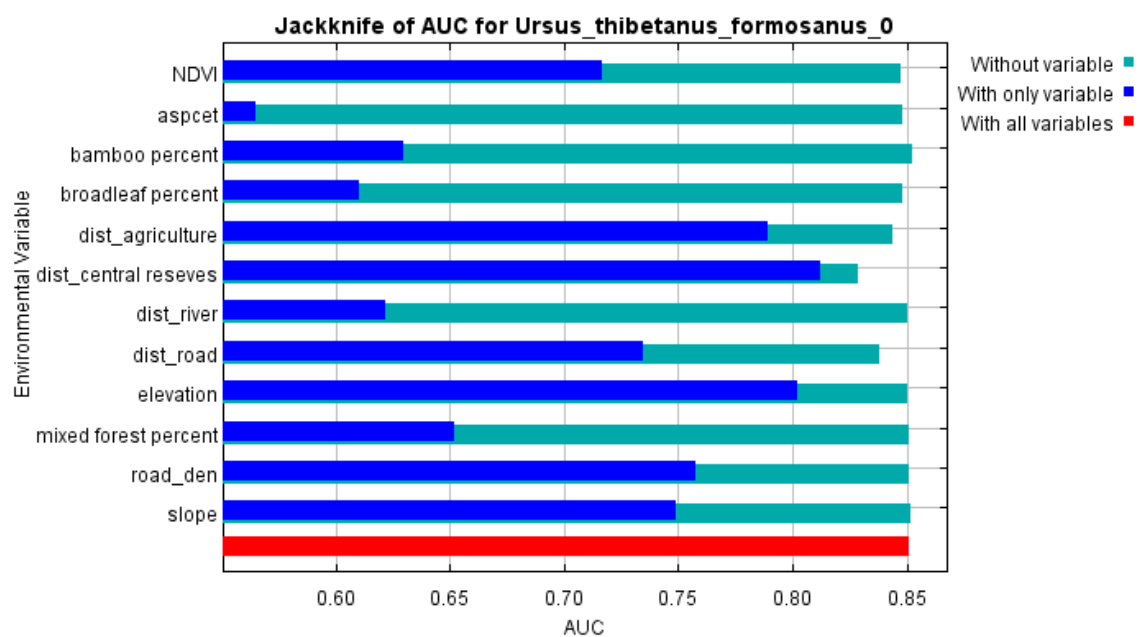
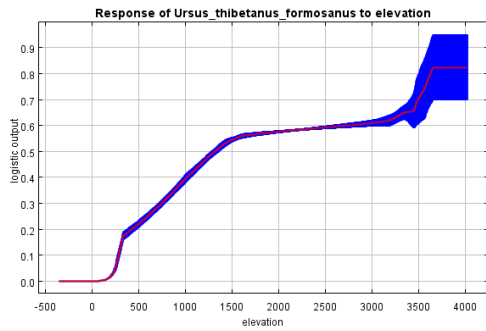
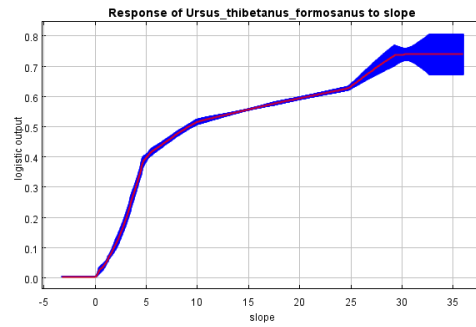


圖 22、利用折刀分析方法分析本期模式中各變數之單一獲益和獨缺損失與 test gain(A)及 AUC(B)之關係。橫軸為獲益(gain)，縱軸為各變數類別，紅色代表整體獲益，藍色代表各變數之單一獲益，紅色橫條長度減去藍綠色橫條長度之差，即為各變數之獨缺損失。

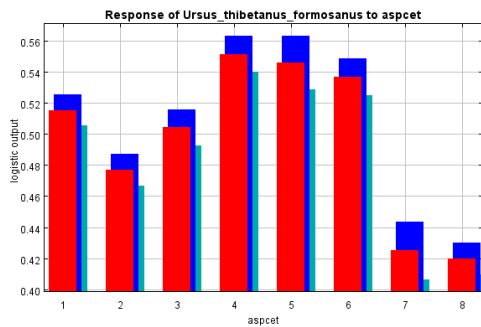
(1)海拔



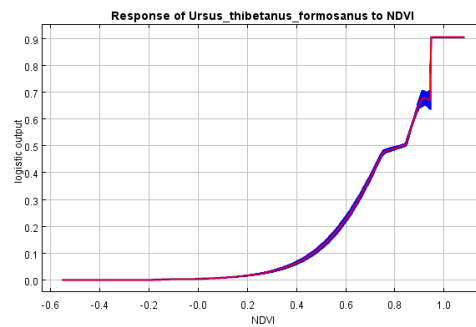
(2)坡度



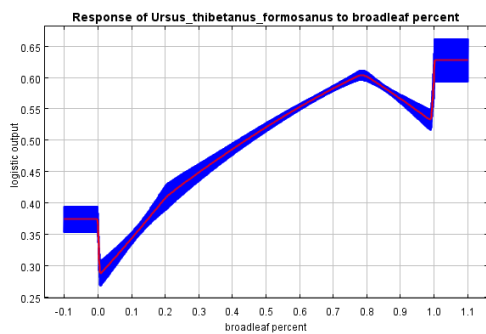
(3)坡向



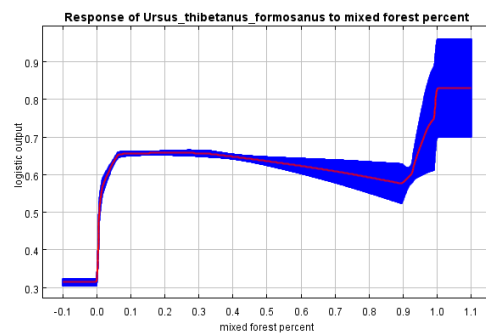
(4)NDVI



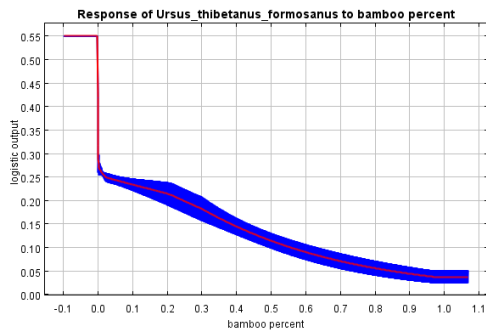
(5)闊葉林面積比率



(6)針闊葉混合林面積比率



(7)竹林面積比率



(8)與河流距離

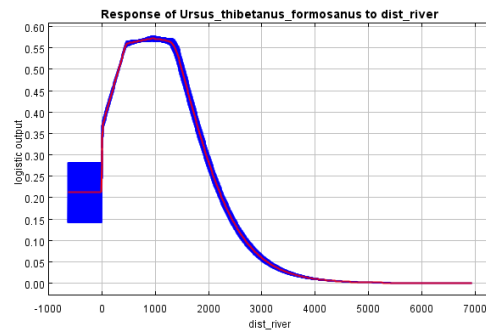
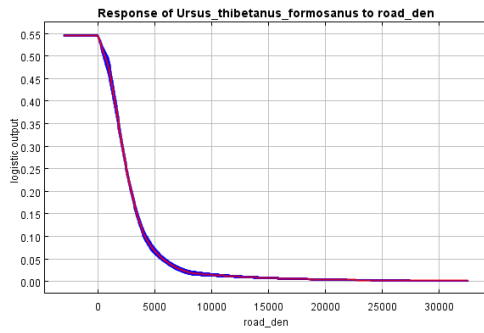
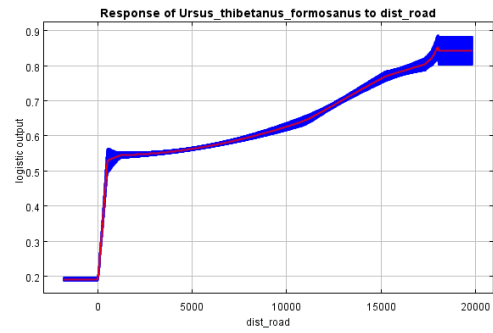


圖 23、本期臺灣黑熊預測分布機率與各項環境變數關係的反應曲線圖，橫軸為環境變數之數值或指數梯度，縱軸為物種分布的相對機率(logistic output)。紅線為平均值，藍色為標準偏差。

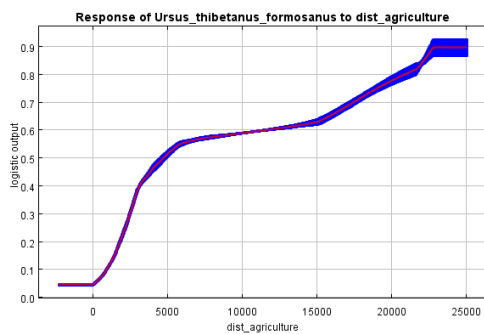
(9)道路密度



(10)與道路距離



(11)與農地距離



(12)與中央山脈保育廊道距離

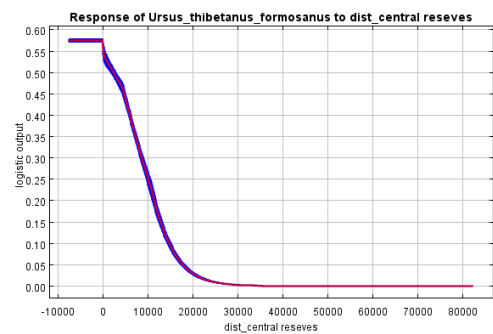


圖 23(續)、本期臺灣黑熊預測分布機率與各項環境變數關係的反應曲線圖，橫軸為環境變數之數值或指數梯度，縱軸為物種分布的相對機率(logistic output)。紅線為平均值，藍色為標準偏差。

表 10、Maxent 模式相對貢獻度及折刀分析方法重要度前三名之環境因子。

重要度次序	相對貢獻度		Test gain 單一獲益		Test gain 獨缺損失		AUC 單一獲益		AUC 獨缺損失	
	環境因子	百分比 (%)	環境因子	獲益 (gain)	環境因子	獲益損失 (gain loss)	環境因子	AUC	環境因子	AUC 損失
1	與中央山脈保育廊道距離	56.0	與中央山脈保育廊道距離	0.773	與中央山脈保育廊道距離	0.105	與中央山脈保育廊道距離	0.811	與中央山脈保育廊道距離	0.018
2	海拔	25.3	海拔	0.698	與道路距離	0.060	海拔	0.802	與道路距離	0.010
3	與農地距離	5.5	與農地距離	0.594	與農地距離	0.046	與農地距離	0.791	與農地距離	0.009

(二)前期(2000-2010 年)分布預測模式

我們利用 MaxEnt 分析前期研究蒐集的 715 筆有熊點位，409 筆 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 有熊網格(黃美秀等 2010)，並經 Spathin 篩選後剩餘 350 筆有熊網格，設定隨機產生 25%的網格做為驗證資料，剩餘 75%網格作為訓練資料。訓練及驗證模式的 AUC 值分別為 0.888(SD=0.01)及 0.86(SD=0.01)，皆大於 0.80，顯示模型適合度良好。

邏輯輸出的機率分布圖顯示，前期黑熊潛在分布機率較高的區域主要位於中央山脈保育廊道中，然北部較少有明顯較高分布機率地區，其餘高分布機率地區中較大範圍而連續的區域有以下二區(圖 24)。

1.中部：以玉山國家公園的大分地區為核心，沿著日治和清代兩條八通關古道於大水窟山屋以東地區。

2.南部：關山野生動物重要棲息環境南部，以南直至雙鬼湖野生動物重要棲息環境中部。

使用 Maximum training sensitivity plus specificity Logistic threshold 作為二元分布的閾值，預測分布機率大於閾值 0.282 以上的視為黑熊潛在分布之網格($1 \times 1 \text{ km}^2$)，總計預測有熊出現面積有 $9,576 \text{ km}^2$ ，訓練資料的遺漏率為 0.056，驗證資料的遺漏率為 0.104。預測之黑熊潛在分布範圍，北起插天山自然保留區，往南延伸至浸水營古道，海岸山脈僅有 3 km^2 極零星潛在分布網格(圖 25)。

以自然間斷法將黑熊潛在分布區分三級，則低潛在分布區(分布機率為 0.282-0.419)面積共 $3,323 \text{ km}^2$ (34.7%)；中潛在分布區(機率 0.420-0.551)面積共 $4,027 \text{ km}^2$ (42.1%)；高潛在分布區(機率 0.552-0.901)面積共 $2,226 \text{ km}^2$ (23.2%)(圖 26)。較連續且大面積的高潛在分布區與上述中部和南部的分析結果相符。

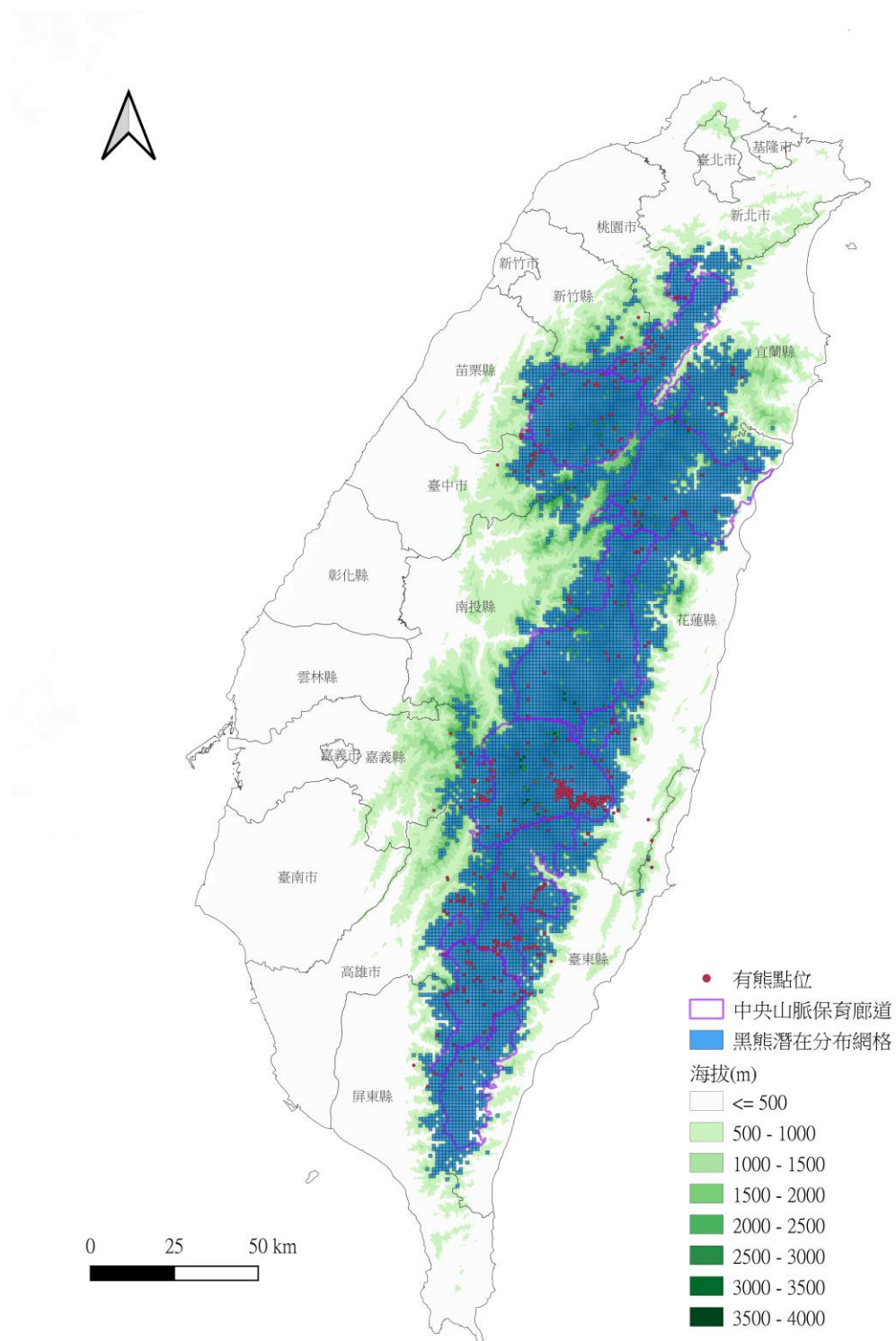


圖 25、利用前期(2000-2010 年)收集的有熊資料(黃美秀等 2010)，以 MaxEnt 模式所預測的臺灣黑熊潛在地理分布圖(1×1 km² 網格)。

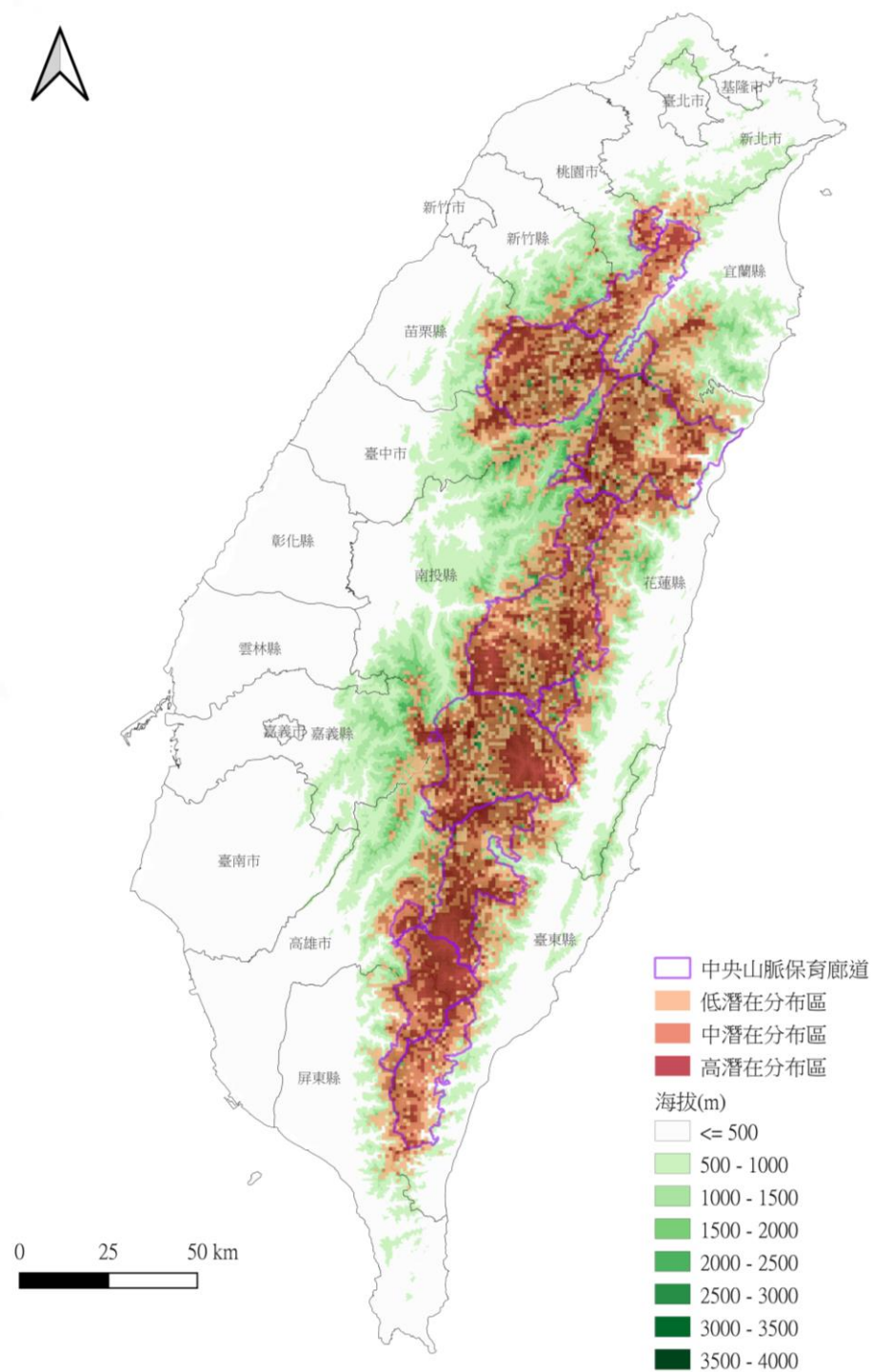


圖 26、利用前期(2000-2010 年)收集的有熊資料(黃美秀等 2010)，以 MaxEnt 模式所預測的臺灣黑熊潛在分布區域之預測機率分級圖(1x1 km² 網格)。

四、本期與前期(2000-2010 年)的黑熊點位分布和預測分布圖比較

和前期有熊紀錄相較(黃美秀等 2010)，本研究蒐集 2011 年 1 月至 2023 年 7 月有熊格為 706 筆，前期為 409 筆，兩個時期分布重疊的網格有 89 筆，僅佔兩時期全數有熊網格的 8.7%($n=1,026$)(圖 27)。重疊網格多數位於曾進行研究捕捉繫放和人造衛星追蹤黑熊的玉山國家公園和大雪山森林遊樂區研究樣區及其周邊地區。

相較於前期，本期有熊點位紀錄較為稀疏地區為雪霸國家公園緊鄰大雪山森林遊樂區西南側以外範圍，丹大野生動物重要棲息環境中部以北延伸至宜蘭縣山區，以及大武山自然保留區中南部和雙鬼湖保護區最南側。反之，有熊網格紀錄在有些區域似乎有擴張的狀況，包括大雪山森林遊樂區西南側、玉山國家公園之東南側鄰近區域(卓溪鄉)，以及此區往南延伸至卑南鄉範圍，以及南部出雲山和雙鬼湖保護區以西側之茂林區山區。

當前期及本期預測模式各自以最適模式的閾值建構二元性有熊預測分布區域，兩者分別佔 9,576 km² 及 11,229 km²，為全島面積之 26.8%及 31.4%，本期預測黑熊潛在分布區域增加 4.6%。然若就潛在分布區的機率三級分來看，面積明顯增加的主要是發生於低潛在分布區，增加 45%，而中或高潛在分布區的面積則變化不大(圖 28)。

兩個時期潛在分布重疊的區域可視為維持潛在分布區域，佔 8,557 km²，分別佔前期及本期之 89.4%和 76.2%(圖 29)。於兩期之間，由潛在分布區域轉為預測無熊分布區域面積有 1,019 km²，北臺灣相較南臺灣明顯(775 km² v.s. 244 km²)；反之，由預測無熊分布區域轉為潛在分布區域的面積有 2,672 km²，廣泛分布於維持潛在分布區域之外圍，唯少數地區例外(如太魯閣國家公園以北地區)。此外，本期黑熊潛在分布在中央山脈保育廊道以內區域，佔全數潛在分布區之比例較前期還低(53.2% vs. 63.9%)。換言之，本期預測黑熊潛在範圍的區域主要發生於保護區外的區域，包括森林遊樂區。

兩期所預測的黑熊潛在分布地理區大體上一致，分布南北界並未有擴張的現象，然有區域性變化。前期的黑熊潛在分布區域在臺 7 甲線以東黑

熊可達太平山，以及往東南至南澳鄉都有分布，然本期的黑熊潛在分布僅抵大同鄉與南澳鄉邊界。另本期於丹大野生動物重要棲息環境以北之中央山脈保育廊道有較為破碎化的趨勢，包括丹大野生動物重要棲息環境、太魯閣國家公園、雪霸國家公園、棲蘭野生動物棲息環境。兩期於玉山國家公園往南延伸至大武山自然保留區沿著中央山脈保育廊道皆有連續的分布。海岸山脈於前期僅剩零星潛在分布，本期則預測為無熊分布(圖 29)。

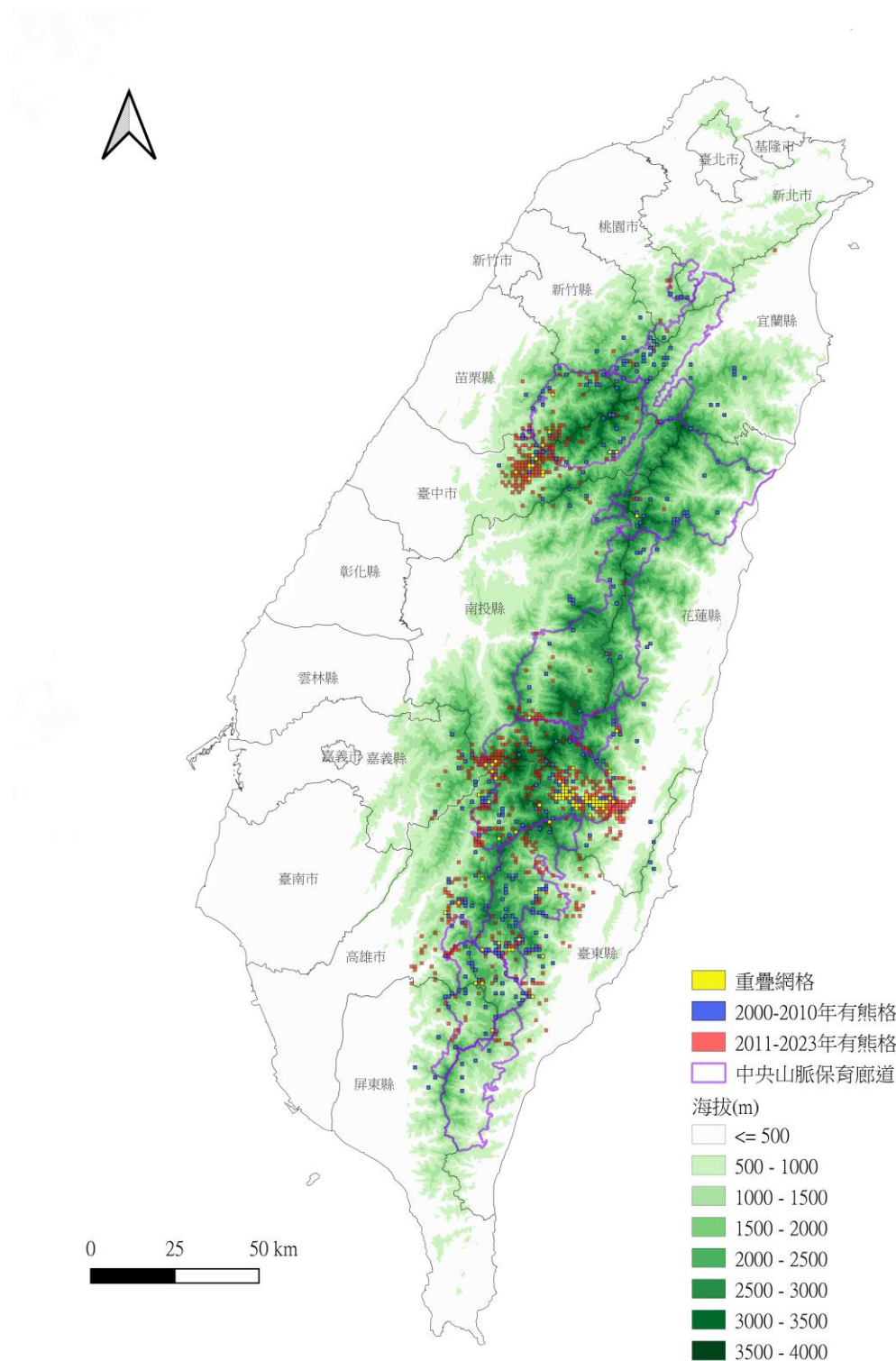


圖 27、本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月， $n=706$)與前期(2000-2010 年， $n=409$ ；黃美秀等 2010)有熊網格($1 \times 1 \text{ km}^2$)之分布情況，黃色實心網格為兩個時期都有發現黑熊之網格($n=89$)。

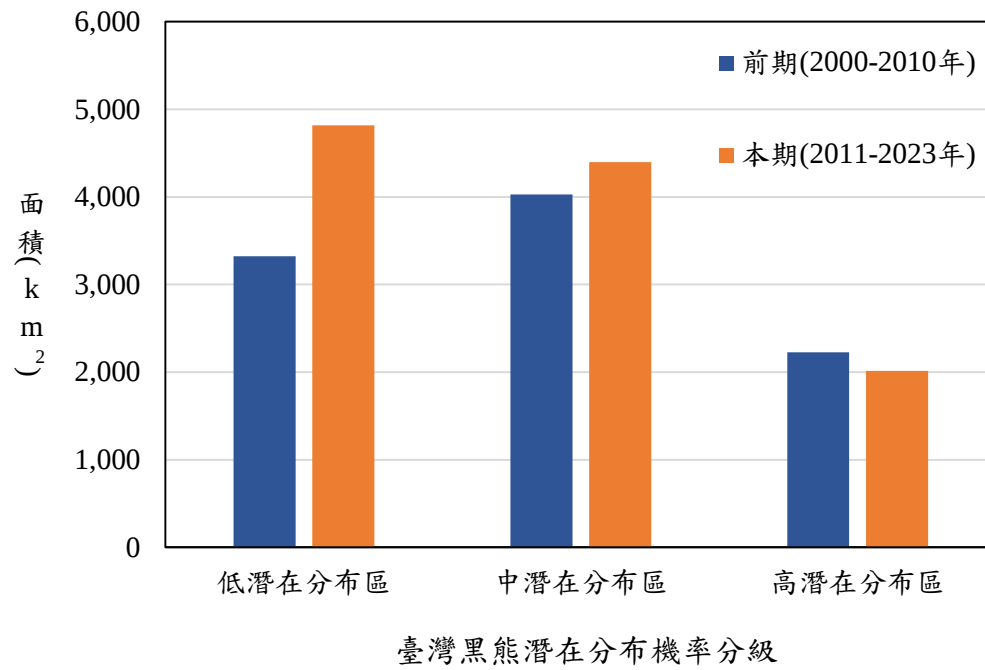


圖 28、預測本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)與前期(2000-2010 年)臺灣黑熊潛在分布範圍之分籍機率面積分布圖。

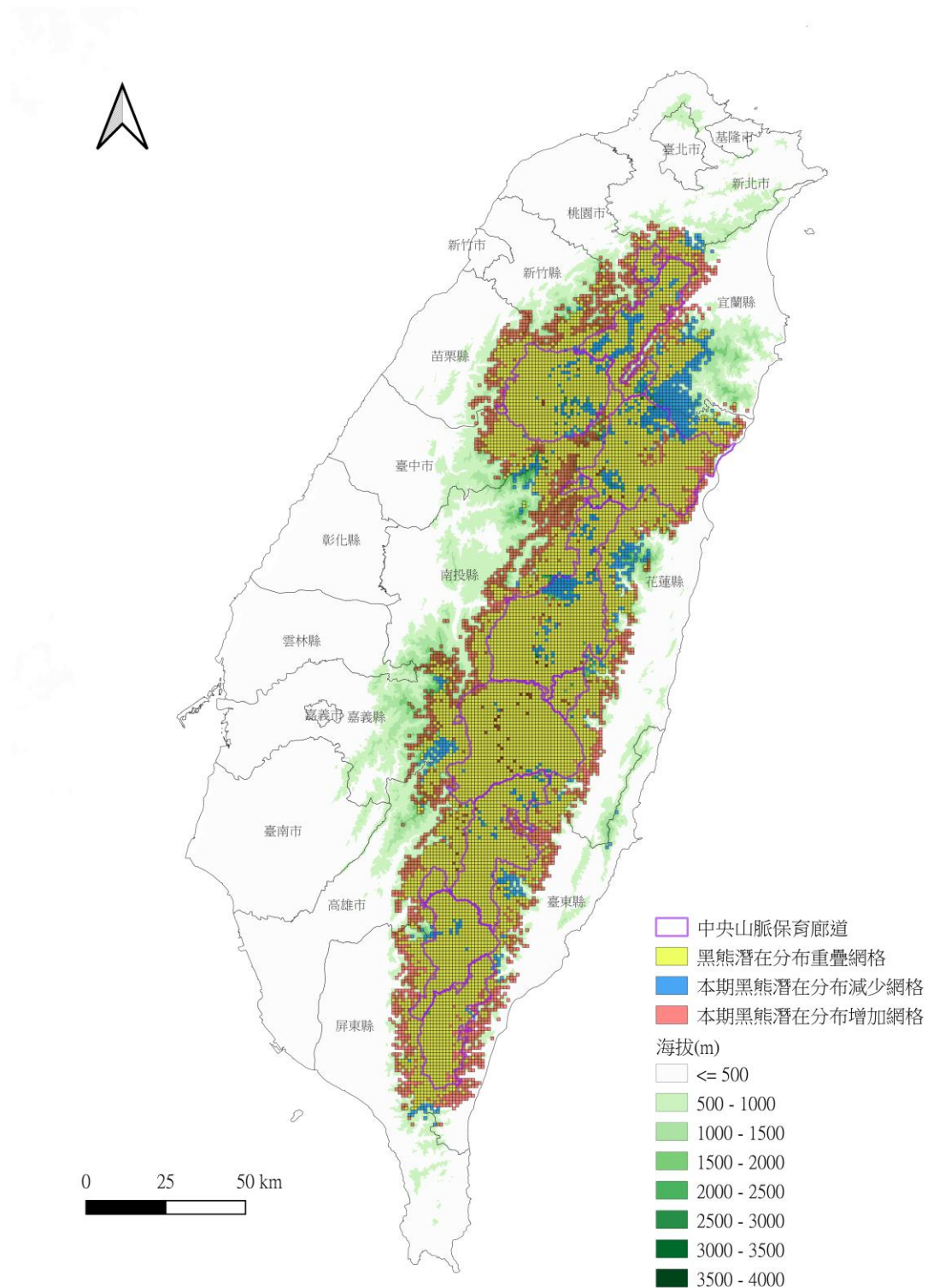


圖 29、利用 MaxEnt 以相同環境變數所預測二個時期臺灣黑熊潛在地理分布圖，比較本期(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)與前期(2000-2010 年；黃美秀等 2010)之網格分布狀況。二期重疊網格(黃色)共 7,483 km²。相較於前期，本期預測增加者為紅色，縮減為藍色。

五、人熊互動關係

本研究針對 236 筆目擊熊自由活動的紀錄，分析人熊的互動關係。

(一)人目擊熊時當下的活動狀態

目擊熊時受訪者當下的活動狀態多為走路行進中(69.4%)，其他活動狀態依次為開車(10.6%)、休息(9.4%)、煮食或用餐(1.7%)、工作(5.1%)，以及其他活動(3.8%)，如取水、蹲點拍攝、搜救(空拍機)、狩獵、夜間觀察等。

(二)人熊相遇距離及現場人數

人目擊熊時，除少數事件無法確認距離，48.0%的事件人熊相距小於 20 m，29.0%人熊相距 20-50 m，16.5%的相遇事件距離介於 50-100 m，距離大於 100 m 的事件占 6.5%，目擊頻度隨距離增加而有遞減之趨勢，呈顯著差異(test of goodness of fit, $X^2=86.489$, $df=3$, $p<0.001$)(圖 30)。

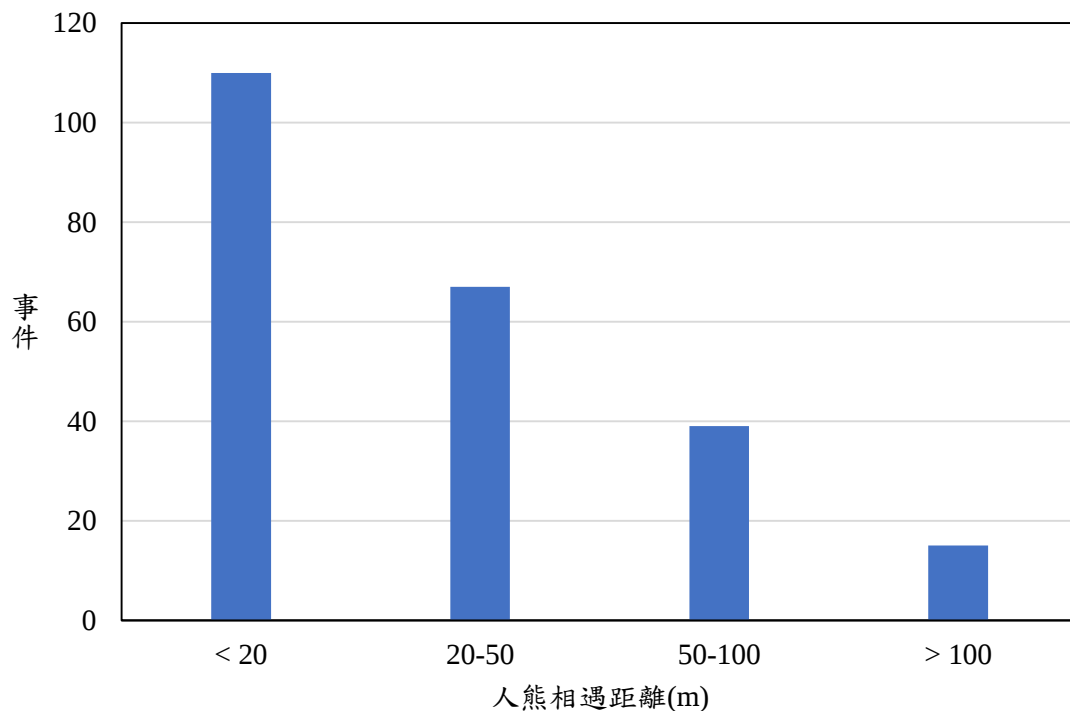


圖 30、不同人熊相遇距離數量分布(n=231)。

目擊熊的現場人數多為 1 人(34.0%)或 2 人(32.3%)，其次為 3-5 人(24.7%)、6-10 人(6.8%)、11 人及以上者(2.2%)(圖 31)。本研究預期黑熊可能因人數多而有較大干擾而提早迴避，使目擊熊距離受現場人數影響，因此針對二者進行相關性檢定，考慮到行進於山區時 11 人以上的團體可能較為分散，與實際情形不符，因此將 11 人以上的樣本去除，將現場人數分組為 1 人、2 人、3-5 人及 6-10 人，相關性檢定則無顯著相關(Spearman rank correlation analysis, $n=226$, $R=0.110$, $p=0.100$)。

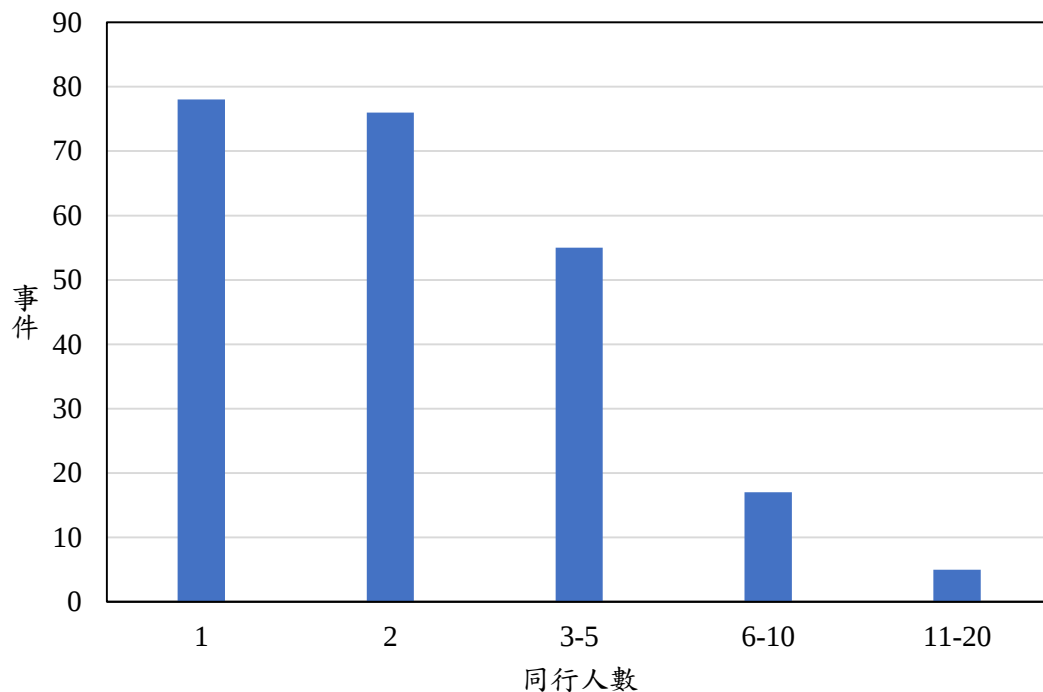


圖 31、目擊臺灣黑熊現場人數數量分布($n=231$)。

(三)黑熊注意到人員存在的狀況

人熊互動發生時，超過半數的事件中黑熊已先注意到受訪者($n=130$ ，58.3%)，少數事件中人與黑熊幾乎同時發現彼此($n=8$ ，3.6%)，有一部分受訪者表示人目擊黑熊後，熊才注意到人($n=58$ ，26.0%)，受訪者表示黑熊大多數都在 5 分鐘內發現人($n=32$)，另外有少部分的記錄顯示黑熊似乎一直未注意人的存在($n=27$ ，12.1%)。

(四)目擊當下的黑熊活動狀態

扣除無法確認狀態或無回應的樣本，在 233 筆人目擊熊的紀錄中(圖 32)，黑熊當下的活動狀態以慢步居多($n=96$, 41.2%)，其次為奔跑($n=41$, 17.6%)、爬樹($n=38$, 16.3%)、覓食($n=31$, 13.3%)、休息($n=15$, 6.4%)，企圖接近人($n=5$, 2.2%)，以及其他行為($n=7$, 3.0%)。其他活動狀態包含 2 隻黑熊打架($n=2$)、疑似交配($n=1$)、喝水($n=1$)、在溪流邊觀望水面($n=1$)，以及站立起來朝人觀望($n=1$)，另有一受訪者表示因其農田有山豬和猴子危害而放置陷阱，看到黑熊正在觀察被陷阱套住的活山羌($n=1$)。熊爬樹的紀錄中有 6 筆黑熊正在覓食果實的紀錄，如青剛櫟($n=2$)、山櫻花($n=2$)，以及臺灣胡桃($n=1$)。

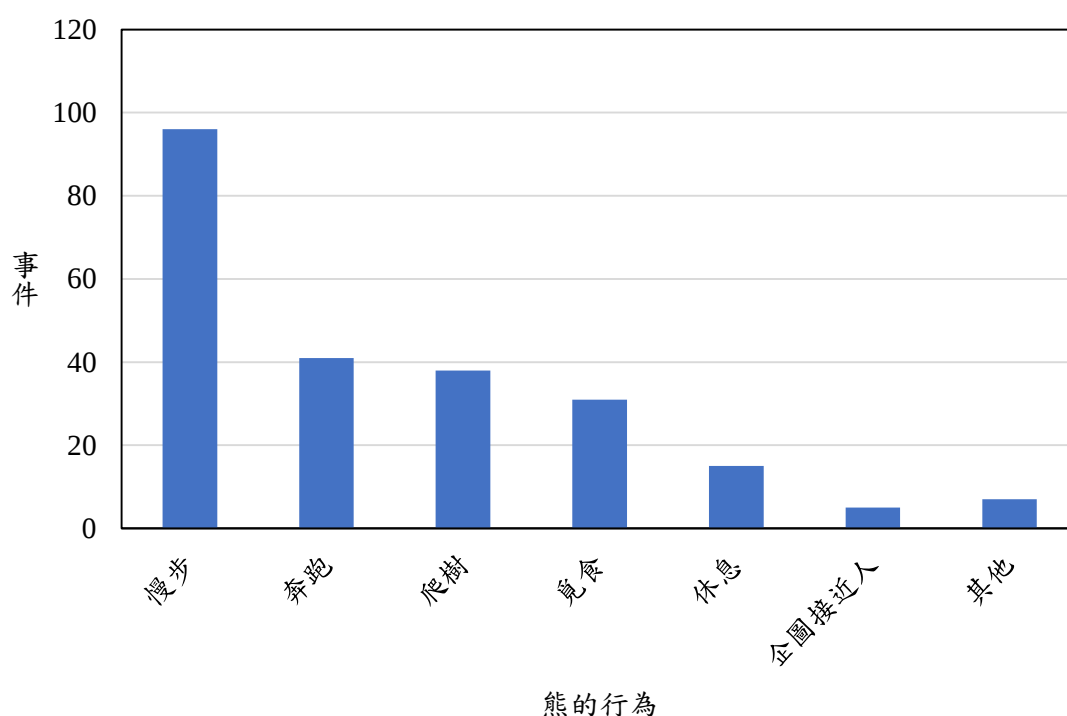


圖 32、人目擊臺灣黑熊時，黑熊當下的行為($n=233$)。

值得注意的是於 5 筆企圖接近人的紀錄中，4 筆乃黑熊表現出吼叫、衝向人($n=3$)或追人($n=1$)的威嚇行為，其中 2 筆為母子熊，人與熊的相遇距離皆小於 20 m。另有 1 筆(PM70 地點抱崖山屋)是黑熊接近山屋的紀錄，

受訪者表示當時的廚房在戶外，在廚房煮水時，熊從旁邊的駁坎下方爬上來，人跑回山屋躲避，熊則在外面廚房逗留了 20 分鐘覓食。

(五)人目擊黑熊後採取的行為反應

受訪者目擊黑熊後的反應不一，有時會採取一種以上的行為因應。在 234 筆有回應的紀錄中，人主要反應大部分為靜止不動(61.1%)，其次為緩慢離開(27.4%)，有 17.9%受訪者表示同時會照相或攝影紀錄。

在人採取較和緩的行動如靜止不動或緩慢離開時(n=196)，大多數的熊是直接離開相遇現場(n=144, 73.5%)，有部分的熊仍繼續原先活動或朝人觀望(n=38, 19.4%)，少數熊有吼叫的威嚇行為(n=14, 7.1%)，但威嚇完後皆隨即離開現場(圖 33)。

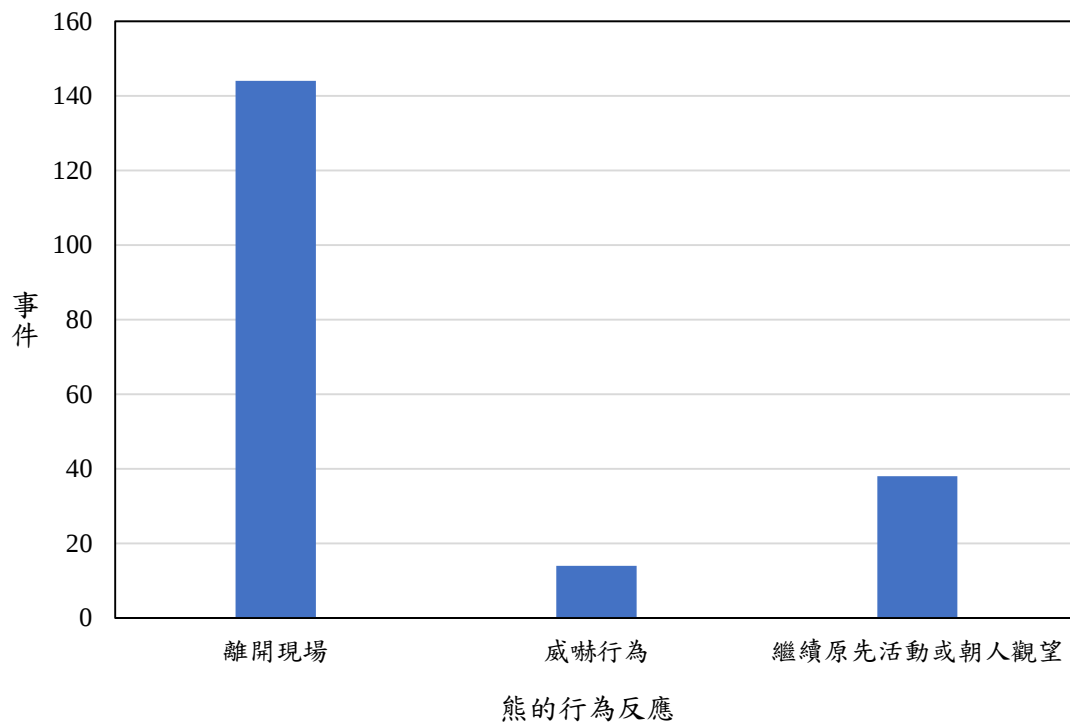


圖 33、當人熊相遇人靜止不動或緩慢離開時，黑熊的行為反應(n=196)。

目擊黑熊後，有 22 筆(9.4%)受訪者迅速逃離相遇現場。此時現場狀況不一，半數事件中黑熊也迅速離開相遇現場(n=11, 50%)，沒有威嚇行為。有 6 筆(27.4%)受訪者因黑熊表現出吼叫、試圖追人的威嚇行為而迅速逃離現場，其中 4 筆為母子熊。另有 3 筆(13.6%)紀錄為黑熊追著人跑 (PM70、PM73、PM74 地點抱崖山屋)，皆由同一位受訪者通報，發生時間集中在 5 天內，受訪者表示熊追著人到山屋後就在附近逗留約 20-30 分鐘，且有抓門、試圖進入山屋廚房覓食的行為。有 1 筆(4.5%)是黑熊人立後朝人觀望。有 1 筆(4.5%)受訪者表示看到熊後人隨即逃跑，沒有注意黑熊的行為反應。也有受訪者表示，因為看到幼熊，怕有母熊在附近所以才迅速逃離。

目擊熊後亦有受訪者大聲喊叫或發出聲響(n=16, 6.8%)，其中有半數以上事件黑熊迅速逃離或緩慢離開(n=9, 56.2%)。4 筆(25.0%)黑熊有威嚇行為，其中 1 筆受訪者先注意到草叢中有生物，因此以餐具敲擊石頭試圖警示驅離，熊隨後衝出草叢，看見人後即轉向逃離；有 2 筆為母子熊，其中 1 筆人熊相遇距離較遠(50-100 m)母熊吼叫一聲威嚇後隨即帶幼熊離開，另 1 筆人熊相遇距離很近(<20 m)，人聽見熊叫後才看見母熊衝出，人大叫後母熊才跑開；還有 1 筆是黑熊有攻擊性的威嚇行為(RR011)，受訪者大叫後熊離開現場。另外有 3 筆(18.8%)是黑熊在山屋或營地附近徘徊(PM71、PM72 地點抱崖山屋、L8 地點佳心石板屋工寮)，人為了驅趕而大聲喊叫，但黑熊皆不為所動。

此外，5 筆事件(2.1%)受訪者看到熊後拿物品試圖威嚇、驅趕黑熊。其中有 2 筆(40.0%)是黑熊在山屋或營地逗留、試圖進入山屋，受訪者拿東西擋門(L5 地點瓦拉米山屋)，或放炮驅趕(L8 地點佳心石板屋工寮)。有 2 筆(40.0%)黑熊表現出吼叫、朝人衝的威嚇行為，皆為母子熊，其中 1 筆紀錄受訪者於登山步道上行進中(BR201)，聽到熊吼聲後看見熊從步道旁衝出，受訪者隨即大喊並揮舞登山杖威嚇，熊即朝另一個方向跑走；另一筆受訪者行進於步道稜線上(BR202)，人熊相遇時距離僅 2-3 m，受訪者看到黑熊朝人跑來，受訪者爬上樹躲避後拿登山杖試著阻擋和敲擊黑熊，此事件中

人未受傷，因此將其歸類為較具攻擊性的威嚇行為。還有 1 筆(20.0%)是觀察到 2 隻黑熊打架打到步道上，受訪者拿登山杖敲擊石頭警示，熊朝人觀望後即離開現場。

上述受訪者的反應中，迅速逃跑、爬樹、大聲喊叫或發出聲響、拿防身物品威嚇等行動可被歸類為極端迴避行為(Schirokauer & Boyd 1998; Hopkins et al. 2010)，且有部分事件受訪者採取一個以上的行動，如大聲喊叫後逃跑、或逃跑並拿物品防禦等。將上述案件整合後，共計有 33 案(14.1%)的受訪者表現出極端迴避行為，其中 45.5%事件熊採取迴避行為，僅有 10 筆(30.3%)熊表現防禦性威嚇行為，另有 6 筆(18.2%)是熊在山屋或營地附近徘徊。

現場人亦採取的其他行動(n=7, 3.0%)，包括 5 筆(71.4%)為了拍攝觀察或行進方向一致而接近或尾隨熊。其中有 1 筆事件在新聞報導中受訪者同行人員疑因拍攝過於靠近，影片顯示母子熊做出試圖追人的威嚇行為，但訪問時受訪者對此情況態度保守，因此未計入黑熊威嚇行為(BR214)；有 2 筆(28.6%)紀錄(I67、I68 地點向陽山屋)為黑熊在山屋附近覓食、徘徊，故人用強燈光照射黑熊，受訪者表示黑熊被燈光照射時低頭不動，燈光移開後又繼續原先活動、四處張望，對人沒有畏懼。

(六)黑熊注意到人後的反應

黑熊注意到人類後的反應各有不同，有時會同時採取多種行為因應，在 196 件黑熊有注意到人的事件中，54.6%的黑熊快速逃離現場，其次為緩慢離開(31.1%)、繼續原先活動(16.3%)，黑熊原先活動狀態包括慢步(n=14)、覓食(n=6)、爬樹(n=6)、奔跑(n=4)及休息(n=2)。另外黑熊亦出現朝人觀望(14.3%)、威嚇(12.2%)、站立(1.0%)、主動接近人(1.0%)等行為。在 2 筆站立的事件中，黑熊人立起來後朝人觀望，沒有其他攻擊或威嚇行為，因此獨立分類。

在威嚇的相關事件(n=25)中，人原先的狀態大部分為行進間(包括 1 筆在巡設施)，另有 2 筆紀錄人正在休息或進食。黑熊威嚇行為包括吼叫、作勢朝人衝、追趕、有時也會人立起來吼叫，其中有 2 筆紀錄較激烈的威嚇行為(RR011、BR202)，分別說明如下。

編號 RR011 事件受訪者表示他在大雪山地區執行森林巡護勤務中(2012/9/7)，行進時一回頭就看到熊衝過來，熊前爪朝人攻擊，受訪者大聲喊叫熊即逃離，受訪者未受傷。

編號 BR202 事件受訪者在茂林山區遇到帶幼熊的母熊(2022/11/27)：『我跟熊相距約 2-3 公尺，熊就很生氣的怒吼並衝向我，大概 3 秒的時間就到我身旁，我就爬到一顆小樹上(小樹，粗度約人的大腿粗)，我站在分岔枝上面，高度大約熊的身高再多 40 公分左右(約 2 米)，然後熊就試著往上爬(衝過來就直接抓樹，沒有任何猶豫)，我就用我的腳踢他，熊才退下去地上，然後牠就爬到我身前的一棵樹(小樹，粗度約人的大腿粗)，試圖從那邊撲到我這來，我原本想跳樹逃跑，但因為植被太茂盛了，根本無法順利逃跑，所以我就用登山杖跟熊抵抗，然後熊就退到地上，然後熊又到我的那棵樹下，又想上來，所以我就繼續用腳踢牠，不讓牠上來。母熊到樹下後，小熊就爬到我前面的樹上看熱鬧(即母熊第二次要爬的樹)，之後母熊就氣喘吁吁的坐在樹下，跟我對視 3-5 分鐘，然後母熊才慢慢的離開，母熊離開後約 2 分鐘，小熊才下樹離開。』

上述威嚇事件中，皆有較明確的黑熊被激怒的原因，且無人員受傷，因此皆歸類為防禦性威嚇。28%的受訪者表示有先聽到熊的吼叫才看到熊，且有 36%為母子熊組成的成熊表現。有 68%的威嚇事件人熊相遇距離小於 20 m，顯示人熊相遇距離越近，熊有越高的機率表現威嚇行為(圖 34)，但將人熊相遇距離是否小於 20 m 與熊的威嚇行為進行卡方適合度檢定，結果並無顯著(test of goodness of fit, n=25, $\chi^2=2.966$, df=1, p=0.085)。

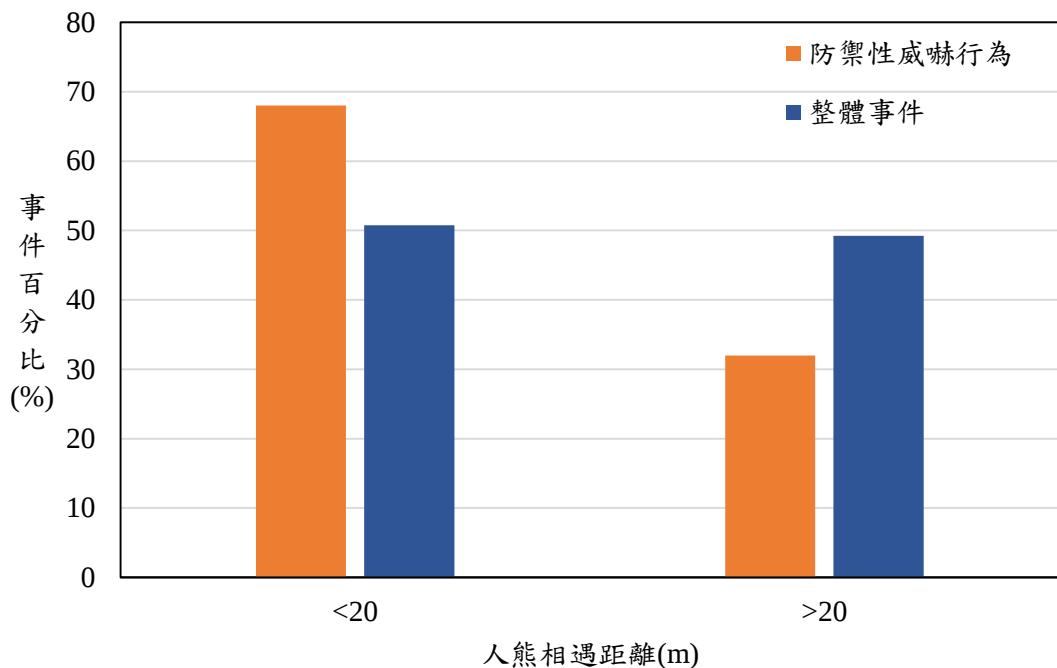


圖 34、防禦性威嚇行為在不同人熊相遇距離發生機率(n=193)。

此外，在 2 筆主動接近人的事件中(PM70、PM74，地點抱崖山屋)皆是熊在山屋營地附近徘徊覓食的紀錄，因黑熊有明顯朝山屋或人接近的行為，屬威嚇行為，但其是否有被激怒的情況並不明確，與防禦性的威嚇行為有差異，因此將其獨立分類。

(七)黑熊組成

在 236 筆人目擊熊事件中，單隻成熊佔 59.3%，母熊伴隨幼熊組成的母子熊佔 16.1%，僅出現幼熊為 21.6%。幼熊多單隻出現，但有 8 筆 2 隻一起出現的紀錄。另有 6 筆紀錄(2.6%)為同時出現多隻成體的情況，包括有 2 筆紀錄為 2 隻熊打架；有 1 筆紀錄疑似在交配(I50，2011/3/12)；1 筆 2 隻熊在步道附近出現，其中 1 隻在吃水鹿屍體，另 1 隻在附近觀望(OR278)；另有 2 筆為多隻熊在樹上活動或覓食，1 筆有 2 隻熊(BR183，2022/7/21)在殼斗科樹上活動，另 1 筆則多達 3 隻(BR215，2022/12/5)。最後，有 1 筆(0.4%)是同時看到 6 隻熊的情況，受訪者在地點藤枝山區搜救過程同時觀察到較大體型的熊 4 隻，以及幼熊 2 隻的紀錄(I47)，說明如下：

受訪者表示：『(前略).....我看到 6 隻熊，4 隻大的 2 隻小的，我第一次看到成群結隊的，我們一行是 4 個人，一看到的時候還以為是山豬勒.....(中略)。看到的時候，兩隻小的走在算是很後面，有一隻中型的走在最前面，比較大隻的在中間，然後那個小的在跑的時候就亂跑一通，那個熊就慢慢的一直往上走，後來在跑的時候還往我們人這個方向跑.....(中略)，熊發現人之後，前面的那個吼了一聲，就開始跑，那時候兩隻小隻的還在那邊慢慢走，然後到後面齣有一隻很大隻的，就一直重複站立加吼聲給我們警告，這個行為重複了 4 次，胸前的白 V 很明顯，我都覺得是剛洗完澡，特別的白。』

此外，分析 38 筆母子熊的紀錄，65.8% 僅 1 隻幼熊，2 隻幼熊 31.6%，另有 1 筆紀錄為母熊帶 2 隻幼熊，有 1 隻距離較遠的中型熊，疑似亞成體同時出現(BR149)。母子熊除 2 月之外，各月均有紀錄，且出現次數以 11-12 月最較多(圖 35)；未有母熊跟隨的幼熊，以及單隻成熊，則是各月皆有紀錄。

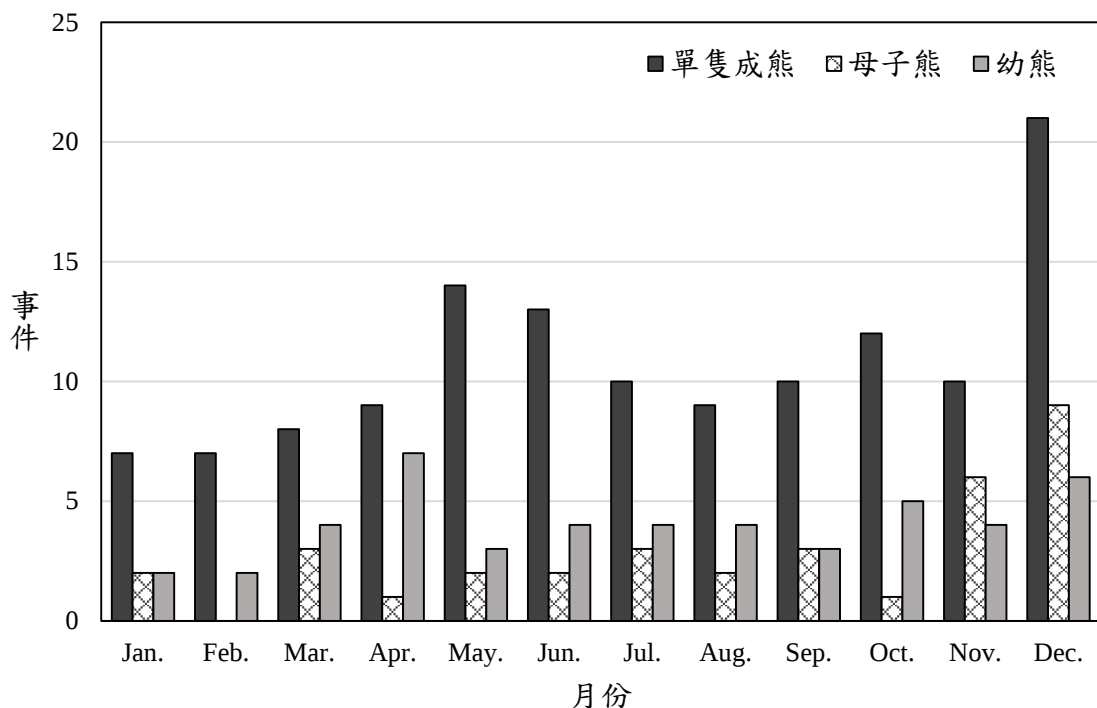


圖 35、野外目擊不同臺灣黑熊組成於各月份出現情況(n=212)。

進一步以卡方適合度檢定分析單隻成熊(即指體型較大似成體)、母子熊、幼熊遇到人後的行為反應，結果顯示熊的觀察(test of goodness of fit, $n=229$, $X^2=8.032$, $df=2$, $p=0.018$)及威嚇行為($X^2=7.609$, $df=2$, $p=0.022$)呈顯著差異(圖 36)，而緩慢離開或快速逃離現場、繼續原先活動三種行為則皆無顯著差異($X^2=1.075-3.968$, $p=0.137-0.584$)。

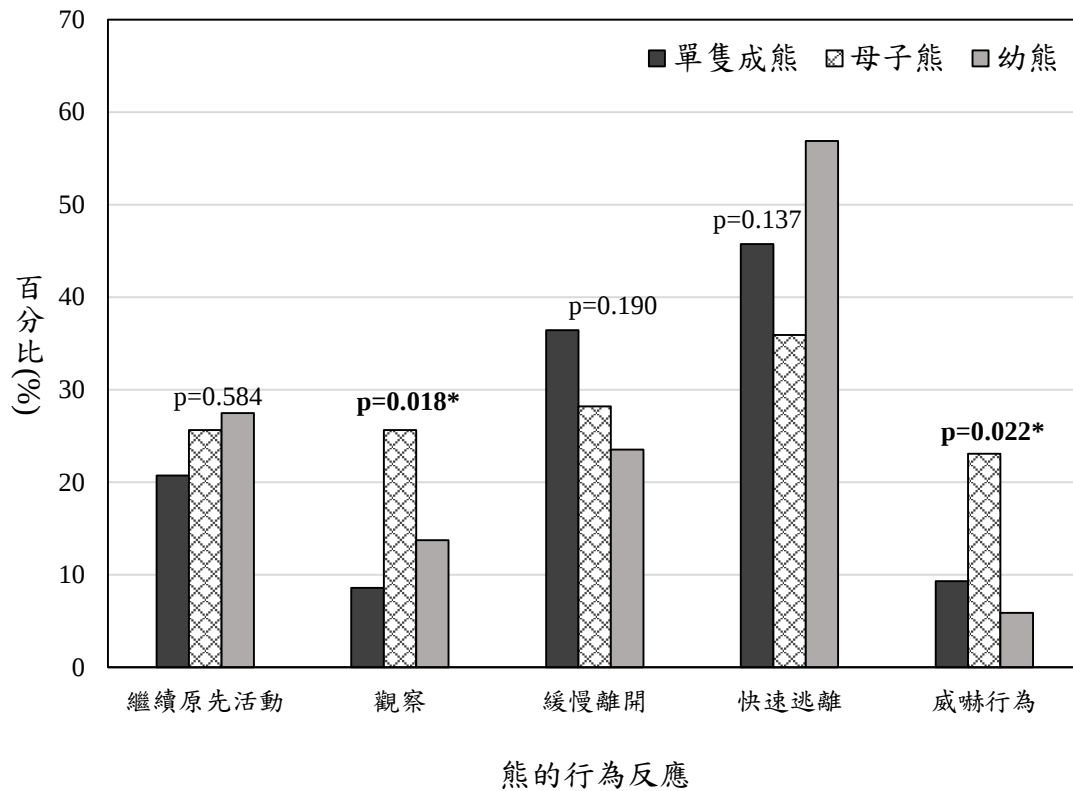


圖 36、單隻成熊、母子熊或幼熊遇到人後之行為表現($n=229$)。

肆、討論

一、近年臺灣黑熊出現紀錄

(一) 資料來源

為了使監測計畫能達到它的目標，需要在實地調查、分析、團隊知識，以及財政各方面取得平衡，故達到研究目標的最佳方法不一定是可行的 (Garshelis et al. 2022)。雖然經過設計的系統性實地分布調查可以確保資料涵蓋完整的研究區域、環境變量的正確分層、出現紀錄座標的準確度，以及對分布模型重要的許多其他樣本特徵，然而此類調查對於大尺度的物種分布研究來說，恐不切實際的，故結合機會性資料來源(如公民科學家計畫、私人通訊、社群媒體等)和研究中心或政府調查計畫則不失為是替代方案 (Boitani et al. 2011)。

族群監測的方法主要仍是取決於研究目的，包括調查規模。雖說小規模的監測工作通常比大規模的更可行，更大規模的調查更有可能源自多種方法的結合 (Garshelis et al. 2022)。不同調查方法所需的專業知識、後勤(人力、財務成本)，以及潛在的取樣問題，都是資料蒐集過程需要謹慎評估和權衡的議題 (Reynolds et al. 2011)。這也是本研究採用各種可能資料來源和類型的物種出沒資料的原因，以期利用簡易而有效益的方式掌握近年來黑熊的分布情況。

本研究透過不同資料來源收集有熊紀錄數量為前期的 2.5 倍，這部分可能與資料來源和類型變化有關。有別於前期計畫(黃美秀等 2010)，本期增加利用網路系統的便利，包括台灣黑熊保育協會有熊通報系統，以及社群平臺，二者佔全數資料量的 17.6%，並且二者所收錄的主要資料類型為熊痕跡和目擊，皆超過半數以上。其中台灣黑熊保育協會有熊通報系統，佔全數資料量的 12.2%，顯示民眾的參與意願。另一個差異則是前期針對

全臺沒有熊紀錄的山區，有系統利用沿線痕跡調查法和部落訪查法收集熊出沒資料；本研究僅採用逢機的訪查進行。此差異也恐影響到一些較少人跡地區資料的收集。

本研究蒐集之有熊點位有 6 成來自學術研究或政府單位的調查報告，此類調查資料具有較明確之努力量、座標準確度高，以及不易誤判物種的優點，然而實地調查仍受限於地點可及性、技術，以及人力、物力的影響。本研究也發現不同單位對於臺灣黑熊資料庫建置和收集的情況不一，資料收集和彙整不易，然玉山國家公園則具有完整的資料庫，含括轄區各種熊出沒資訊，而林業署則有詳盡的黑熊滋擾和救傷通報資訊。在有熊資料類型上，則與在此期間國內野生動物研究調查技術的運用有關，主要是數位式自動照相機的廣泛使用(37.2%)，以及利用人造衛星追蹤系統追蹤臺灣黑熊的資料累積(19.0%)。這兩類型的資料則多源自政府委託或部分為自行調查的計畫。

機會性資料來源(如通報系統、社群平臺)具有不受限於特定研究區域的優勢，公民科學參與透過志願群眾的力量，協助提供了一種實現大量或廣泛資料收集的方法，同時也提高民眾對參與科學研究和成果的認識和理解(Parrish et al. 2018)。研究亦指出雖然低結構化的公民科學資料的表現不如專業資料，但經過資料過濾依能顯著提高效能，產生具有和專業資料相似的棲息地關係和分布預測(Coxen et al. 2017; Tye et al. 2017; Steen et al. 2019; Gantchoff et al. 2022)。台灣黑熊保育協會網路設置有熊通報系統至 2023 年 7 月運行時間約 6 年，然於 2022 年因執行本計畫而更新並大力推廣此系統後，有熊點位相較推廣前成長了 4 倍。足見公民科學計畫的資料來源和系統是未來可期待累積長期熊出現資料的有利工具。這些資料涵蓋地區廣泛，雖有少部分地區通報數量較多的情形，然也不乏人煙罕至或是少有研究調查區域的有熊點位。唯該資料的準確性是所有資料中最差的，故有賴研究團隊專業審查和過濾。

(二) 資料類型

本研究黑熊出現點位涵蓋多樣類型，包括痕跡、目擊、自動相機、人造衛星追蹤點位，以及近年開始出現的熊救傷和死亡通報。不同的資料類型可以反映物種不同的生態資訊，然亦有其資料應用的侷限性。

自動相機的使用在全亞洲正急速的增加，累積了大量的物種出現資料，雖然大多這些監測計畫並不是針對熊類，但相機會順帶拍到熊路經此區，仍會產生可觀的熊副捕獲(by-catch)紀錄，可以用來確定分布、棲地預測、潛在棲地模型等用途(Proctor et al. 2022)。本研究的相機資料也不乏此情況。自動相機具有明確的物種出現證據、可重新審視和易於使用的優勢，惟其成本相對較高，因此若沒有大量預算，若監測範圍廣大，加上很多熊通常生活在低密度和低偵測率的情況下，則需要許多相機來產生足夠的樣本大小(Garshelis et al. 2022)。另考量臺灣山區崎嶇或不易抵達的地形，或不同的地表覆蓋度，也可能限制自動相機的運用，而導致取樣的偏差。

本研究瀏覽近十餘年的自動相機相關動物資源調查報告，多數報告為聚焦在小範圍(相對於熊數百平方公里的活動範圍)的中短期監測。目前臺灣唯一的大尺度長期監測計畫為林業署自 2015 年起規劃設置的全島監測相機樣點，此計畫雖非以黑熊為目標物種，但若架設方法標準化，長期來看仍可在黑熊族群監測上提供相當可觀的數據。本研究蒐集之自動相機紀錄經過篩選後已剔除每臺相機同一月份的複數紀錄，仍佔所有類型中的最高比例(37.2%)，並且在地理空間分布上和整體有熊點位分布近似，可見自動相機為監測黑熊分布的有效工具之一。

無線電追蹤可以提供有關熊行為和生態的大量資訊，可用於瞭解物種棲地利用和動物移動的情況，並提供人類難以進入的偏遠棲地環境的活動狀況，這也可能與族群規模和趨勢有關。雖然人造衛星追蹤不受到取樣方法的限制，通常能取得不同環境梯度下的出現點位。然人造衛星頸圈成本相對昂貴，國內計畫有限的研究追蹤個體(樣本數)，追蹤時間不夠久(通常

建議至少 10 年或更久)，目前多僅限於有限的個體的行為生態探討，而無法反映族群常態的逐年變化，更遑論大範圍的族群分布狀況。本研究已透過篩選每隻個體每月隨機挑選單一點位以避免空間自相關的影響，然篩選後的空間分布在大尺度上仍有聚集在如玉山國家公園和大雪山森林遊樂區二樣區，以及周邊地區的情況(圖 6)。

熊痕跡是熊出現的一個很好的指標，因為它容易分辨，是物種特定的潛在豐富的資料，不僅提供了物種出現點位，也提供對物種出現原因的理解，對於繪製分布地圖很有用(Puri et al. 2015)。它雖不需要使用特殊設備，且相對於其他技術便宜，然不同痕跡被偵測或看到，或在環境中持續的時間也不一，並需要具經驗豐富的人員辨識。這也是本研究發現辨識錯誤或無法辨識最高的資料類型(表 3)，有時即使是富經驗的野外調查者亦有不一致的看法，甚至我們也於文獻報告中發現被誤認為是黑熊的白鼻心排遺。

本研究的熊痕跡是僅次於自動照相機的資料類型紀錄。大多數熊的痕跡都與進食有關，如排遺、食痕、上樹爪痕和折枝等，因此發生的時空常會與食物的出現有關。因此，熊痕跡常有聚集分布或不同類型重複出現的情況，也許代表相同或不同的事件，故有賴子取樣規則以釐清獨立樣本單位，這也是我們設計刪去潛在重複紀錄的原因。另由於熊痕跡密度是食物供應、熊行為和熊數量的函數，故痕跡不太可能是熊密度的可靠指標。遂有學者建議，痕跡調查可能適用於根據佔據率得出的分布和趨勢估計，但通常不會從痕跡密度得到族群趨勢，除非痕跡密度發生顯著變化，有時或能從分布圖的變化反映出族群變化(Kendal et al. 1992)。然而，痕跡密度和熊密度之間的關係也可能是區域或棲地限定的，唯此假設仍需經過驗證。例如在泰國，自動照相機估計的亞洲黑熊和馬來熊豐富度指數與該物種的痕跡密度成正相關(Ngoprasert et al. 2013)。無論如何，痕跡的偵測率也常因棲息地而異，若僅靠特定痕跡類型進行調查，將產生特定棲地環境的偏差，這都是在取樣設計和資料詮釋應注意的。

臺灣黑熊屬森林性熊類，獨居性且隱蔽性高，多數地區仍屬低密度族群，目擊紀錄多為意外的機會性觀察。對動物的觀察一直被用來確定稀有物種的分布和相對豐度，但除非棲息地有足夠開放的視野，否則對熊的零星偶遇恐無法為族群監測提供太多有用的資訊。然若一地區長期有人進出，目擊熊的頻度若明顯且穩定的增加，則或可提供較為可靠的依據，而這情況目前僅出現於玉山國家公園東部園區的八通關瓦拉米步道地區，而且其他痕跡、自動照相機和捕捉繫放等資料皆呈現一致的趨勢(黃美秀等 2022; 未發表資料)。就技術面上來說，目擊熊本應是最簡單的，但出乎意料的是，通報也有高達四分之一是有錯誤或提供資料無法辨識的情況(表 3)，包括當事人有時可能只看到或行車紀錄器僅記錄一個黑影閃過而已。

黑熊通報救傷和死亡紀錄，與目擊熊的情況很類似，唯動物的鑑識率較準確。這是自 2014 年以來陸續出現的紀錄，且地理空間分布主要集中在花蓮縣臺東縣交界、高雄縣屏東縣交界及臺中縣等地之淺山地區，而非廣泛分布。相較中高海拔的原始森林，這些地區的人為活動較為頻繁，並且接近農地或聚落地區。

(三) 有熊點位之地理分布

在亞洲地區熊類調查上，儘管相機陷阱的使用越來越多，絕大多數熊的分布資料仍是基於痕跡或訪談，且集中在其分布範圍內的保護區棲息地，其中偵測到熊出現的情況常會因調查努力量、棲息地類型、熊密度和普遍的痕跡類型而異(Linkie et al. 2007; Hwang et al. 2009; Liu et al. 2009; Ngoprasert et al. 2011; Steinmetz et al. 2013)。本研究也彙整出不同資料類型於運用上的差異(表 11)，由於這些採樣的偏差或偵測率的差異，皆可能影響後續預測分布模型的表現，包括預測熊會出現在歷史上不存在的地方(Kim et al. 2016)，或預測牠們在後來被發現的地方消失(Nazeri et al. 2012; Abidin et al. 2019)。為此，IUCN 熊類專家學者於回顧亞洲地區族群監測技

術中指出，亞洲的熊類需要明確項目目標，並與所選方法良好匹配，但實際上某些方法可能在經濟上無法採用，或者超出了計畫人員的能力，因此選擇合適的方法是一個迭代過程，需要考慮許多可能隨時間變化的變數 (Garshelis et al. 2022)。

表 11、本研究所蒐集不同類型的臺灣黑熊出現紀錄的資料特性和應用成效之分析。

	痕跡 ^a	目擊 ^a	自動相機	無線電追蹤 (人造衛星)	救傷和死亡通報
資料精準度	++	+++	++++	++++	++++
資料誤判率	++++	++	++	+	+
投資努力量(\$)	+	+	++	+++	+
受限於人類可及度	+++	+++	++	+	+++
數據可推論範圍	+++	+++	++	+	+

^a 痕跡和目擊在此主要緣自於機會性資料來源。

綜上所述，本研究涵蓋多種可能來源，以及使用多類型的物種出現紀錄，以盡可能避免因為單一調查方法及取樣努力量差異造成的偏差。考量有熊資料來源多元，不同資料類型亦呈現類似的分布趨勢，我們認為本研究蒐集之物種出現點位一定程度上能代表近期臺灣黑熊全島的大致情況，唯在詮釋族群變化上仍須謹慎。本研究收集的臺灣黑熊點位實際分布有明顯的地區性差異，中北部大雪山地區主要集中於雪霸國家公園和鄰近西南側(大雪山森林遊樂區)，中央山脈則主要分布於玉山國家公園以及以南延伸至雙鬼湖野生動物重要棲息環境。點位分布不均除了可能與熊本身的族群密度有關之外，也與不同資料來源或環境下的偵測度，以及取樣方式有關，這些可能的偏差亦為未來研究監測的方向。

物種出現(presence)點位資料於推演到族群分布範圍，常因定義而有不同詮釋。由於黑熊是移動能力極強且範圍廣泛的物種，加上適應力強，有

時會出現在遠離原天然棲息環境而看似非適合的環境，這常與亞成體於播遷時的探索行為，或因人類食物(如農作物)吸引有關。如此偶發性或暫時的出現不見得會被劃入為該族群的分布範圍內，尤其若可能涉及不適合的非天然環境時，以避免過度擴大其範圍，但卻是經管理上值得持續觀察的地區，以釐清族群對此區的利用情況。例如，國內近年透過自動相機在長時間無物種出現紀錄的地區發現新紀錄(宜蘭縣、臺南市的石虎、南投縣塔塔加的麝香貓)，然該新紀錄動物的來源，以及是否具穩定的族群，則是更引人關注的議題，而非貿然詮釋為族群擴張。本研究蒐集之黑熊分布最北界，於宜蘭縣礁溪鄉有一筆遠離中央山脈的目擊紀錄，距離此紀錄的最近出現點位相隔 33 km，以黑熊的活動能力來說並非無法到達。然此區域近三十年皆無其餘黑熊出現紀錄，加上與最近點位亦有北橫公路切割，目前尚無法確定此紀錄為短暫遊蕩個體，亦或在宜蘭—新北交界確實有尚未偵測到的小族群。

本研究近六成的有熊格位於中央山脈保育廊道，也凸顯出保護區以外地區的重要性之外，而有熊資料稀疏的地區包括北部的插天山自然保留區和棲蘭野生動物重要棲息環境，中部的太魯閣國家公園和丹大野生動物重要棲息環境，以及南部的大武山自然保留區(圖 15)。考量有熊點位可能受取樣的努力量影響，建議這些地區皆是未來可加強調查監測的樣區，並宜同時瞭解該區的人為活動情況。

(四) 有熊點位棲地環境

有熊點位或網格的棲地環境分析顯示，黑熊為高度依賴森林的物種，且四分之三位在闊葉林或針闊葉混合林。此結果也與有熊點位主要分布於低中海拔(<2,500 m, 85.2%)吻合。森林可提供黑熊躲藏、食物、休憩等各項所需。據臺灣山地垂直氣候-植群帶分類，海拔 500-1,500 m 為楠櫟林帶 (Machikus-Castanopsis zone)，1,500-2,500 m 為櫟林帶 (Quercus zone)，提

供黑熊夏季及秋冬季的重要食物資源(Hwang et al. 2002)。雖說生產熊類食物的森林類型因地區而異，然闊葉林或混合林的生產量高於純針葉林，故被更頻繁地使用(Obbard et al. 2010; Karelus et al. 2018)。

此外，7.4%的有熊點位分布於人為相關的棲息地類型，包含山屋、道路、農地、其他人為設施。熊出現在馬路上很可能是因為棲息地遭道路切割，熊必須沿著或跨越道路移動，而道路附近的人為垃圾、廚餘也可能會同時吸引熊而滯留。例如，南橫公路於 2022 年 5 月開通以來，大量湧入遊憩人潮，人為垃圾、廚餘充斥在沿路的護欄、邊坡底下，截至同年年底，已有 4 案出現在馬路上的黑熊目擊紀錄。雖目前尚無法釐清此情況的原因，然黑熊因為接近人為活動頻繁區域，則可能提升人熊衝突的風險，甚至導致動物死亡風險(包括可能的路殺、非法狩獵、誤捕等)。

二、臺灣黑熊分布預測圖

物種分布模式是一種在大範圍尺度區分棲息地品質的工具，並且可以結合族群資訊(如族群動態或活動範圍)來定義關鍵棲息地(Heinrichs et al. 2010; Feng et al. 2021)，也能用來劃設優先進行物種監測的區域。在亞洲地區，熊類的分布皆已有不少透過直接觀察、痕跡和相機陷阱等資料檢測，並在理論上產生潛在的範圍圖，包括透過使用偵測/沒有偵測到(detection/non-detection)的紀錄(Liu et al. 2009; Ngoprasert et al. 2011)，或利用僅使用存在(presence-only)數據的最大熵演算法(如 MaxEnt)(Doko et al. 2011; Nazeri et al. 2012; Puri et al. 2015; Su et al. 2018)。

MaxEnt 模式所預測黑熊潛在分布區北抵插天山自然保留區以北的東眼山，南達大武山自然保留區以南的浸水營古道，為全島面積三分之一(31.4%，圖 20)。預測潛在分布區約半數位於中央山脈保育廊道中，然北臺灣的保護區內部分布相較南部地區有較多的破碎化情形，玉山國家公園及以南區域的預測分布大多維持完整且連續分布。

就預測棲地適合度或品質較高的範圍(17.9%)來看，連續且面積大於 50 km² 的高潛在分布區呈現區塊分布，面積最大者為玉山國家公園與周圍相鄰區域，次者為關山野生動物重要棲息環境南部一帶，第三則為雪霸國家公園西北部，其餘包括大雪山森林遊樂區周遭、太魯閣國家公園東部、能高越嶺古道周遭。然而，經過和實際有熊點位套疊過後，太魯閣國家公園、雪霸國家公園西北部、能高越嶺古道周遭，這些區域皆僅零星或無熊紀錄，故未來可強化這些區域的監測調查。然而，我們亦發現太魯閣國家公園近年較大範圍的自動相機調查，僅曾於奇萊山區的黑水塘山屋附近拍攝到黑熊，唯這些調查多集中於中橫公路周邊或南湖和奇萊區域，並且多數相機運作時長低於 6 個月(王穎等 2015；翁國精 2019；裴家騏等 2021)。儘管在黑熊族群密度較高的玉山國家公園，全區自動相機監測樣點第一次拍到黑熊的最長天數達 305 工作天(平均值為 85.95 ± 74.87 天)(呂竹萱 尚未發表)，故若要調查黑熊族群相對密度較低的區域，恐需要花費更長時間及系統性規劃監測。

我們也發現在某些省道路段通過地區，兩旁有連續小面積的中高潛在分布區，如玉山國家公園和關山野生動物重要棲息環境的南橫路段，以及位於雪霸國家公園和太魯閣國家公園之間的臺八線和臺七甲線。臺灣黑熊無線電追蹤研究顯示不同地區黑熊對於道路的迴避情況不一，但仍以某種程度存在阻隔效應(黃美秀等 2022；彭筱晴 2022)。近日研究也指出，相較於玉山國家公園樣區，大雪山地區的黑熊族群有近親交配和遺傳窄化的情況，並推測可能與道路和人為開發等活動有關(黃美秀等 2021b；Hsiao et al. 2022)。因此，這些地區值得進一步瞭解黑熊於此區的移動情況，以評估道路效應和潛在的生態廊道區域，確保黑熊族群的連通度，並減少不必要人為干擾。

由於物種分布模式係透過數學統計物種族群和棲息地關聯，預測整體族群的空間分布狀況。熊是適應性強的物種，族群層級的關聯可能掩蓋了

重要的個體層級差異，而導致大面積應用這些作用則易受數據分布不均的影響(Garshelis 2022)。本研究的潛在黑熊分布區之遺漏有熊點位主要靠近人類生活區域(臺中市和平區、高雄市茂林區，以及花蓮縣卓溪鄉)。這些地區大多位於海拔 1,000 m 以下，且部分地區為和人為環境交錯的鑲嵌型地景。

無論分布模式是否涵蓋到所有物種的棲位需求，因為諸多因素(如地理隔閡、生物間交互作用，以及人為改變的環境等)，預測分布圖往往大於物種實際分布(Phillips et al. 2006)。若分布模式能結合播遷限制(dispersal limitation)和物種相互作用資訊，則得以更有效估計物種的大範圍分布(Guisan et al. 2017)。以亞洲地區的熊類來說，歷史以來和當前的大量非法狩獵已混淆或直接影響了牠們出現的地點，森林或其他合適棲息地並不能確保牠們的存在，即是遂所謂的「空蕩森林症候群 Empty Forest Syndrome」(Garshelis 2000; Datta et al. 2008; Wilkie et al. 2011; Benitez-Lopez et al. 2019)。這恐也是很多熊類預測模式所欠缺的，包括本研究。

雖說臺灣黑熊為法定的 I 級保育類野生動物，嚴格禁止非法獵殺，雖說在一般情況下，人們通常不會刻意地獵捕黑熊，但狩獵或可能的誤捕皆造成黑熊殘肢或死亡(黃美秀等 2021; 2022)，而且獵捕黑熊的誘因或動機仍存在(Hwang 2003)。根據近期長期監測網的全島監測計畫，自動照相機有 22.2%(n=194)曾拍攝到獵人活動，然考量樣點已盡量避開獵徑架設，故估計此數據可能低估實際狩獵情況(翁國精等 2023)。由於狩獵和為防治野生動物危害農作的作為皆可能造成黑熊死亡，然這些因子皆無法透過遙測或地理資訊系統圖層偵測到，造成重要資訊的缺口，實際黑熊分布範圍恐較潛在分布地圖更受到限制。

此外，近年來救傷或死亡通報的資料多出現在低海拔地區(<1,000 m)，加上少數地區(如東南部)低海拔地區有熊點位較多，如花蓮縣卓溪鄉和臺東海端鄉，則可能在預測模式上高估其他地區這類棲地適合度的可能，如

臺灣北部。例如，插天山自然保留區外之東眼山至滿月圓及烏來福山部落以北地區、南投縣仁愛鄉清境農場一帶和力行產業道路沿線，此區域人類活動程度高，包含許多遊憩區、社區部落和登山步道，近三十年已無任何黑熊出沒資訊(黃美秀等 2010)。其他預測有熊分布潛在區域，然實則人為干擾較高(如遊憩、道路、土地開發等)或棲地嚴重破碎化，且尚無有熊出沒點位的地區，皆恐有高估之嫌而值得留意。

此外，大武山自然保留區亦是潛在熊分布範圍，然其中南部沒有任何熊點位紀錄，有鑑於近年來亦少有相關動物相調查，包括林業署全島監測相機監測計畫，本期蒐集之有熊點位僅集中於鄰近的知本林道周遭，故建議加強本區及知本林道以南的監測，以釐清熊分布的實際情況或有阻礙黑熊往南分布的因素。

(一) 臺灣黑熊潛在分布之因素

許多國外物種分布研究利用與保護區距離作為影響分布的關鍵要素，以及評估保護區的效用(Liu et al. 2009; Guan et al. 2015; Ashrafzadeh et al. 2023)。MaxEnt 模式預測結果指出，與中央山脈保育廊道距離為影響臺灣黑熊潛在分布的最重要因子。中央山脈保育廊道提供從北到南長達 300 km，面積占全臺 17.7%，雖涵蓋不少高海拔環境，然連續且相對較少人為干擾的棲地，仍滿足了黑熊重要的生存需求。本研究預測黑熊合適棲地有過半(53.2%)位於中央山脈保育廊道內，並涵蓋多數較大面積的高適合度的棲地環境，足見對臺灣黑熊保育的重要性。若能於管理上充分發揮其保護效應，對於瀕危族群應能達到相當的救援效應(黃美秀等 2010)。

海拔為影響黑熊潛在分布的第二重要因素，預測主要分布於 1,000-2,500 m 之海拔，且分布機率於 1,500 m 前隨著海拔上升而增加。此結果與過去全島黑熊分布研究一致(蔡幸蓓 2011)。利用人造位衛星追蹤資料分析黑熊棲地選擇結果也顯示，黑熊偏好海拔 1,000-2,000 m 棲地，並且在不

同程度上避開或較少利用海拔低於 1,000 m 和高於 2,000 m 的區域(葉子維 2020；彭筱晴 2022)。海拔梯度不僅影響黑熊重要食物的分布，尤其是優勢植物社會組成的殼斗科和樟科，也與各種人為干擾程度(包括棲地劣化)密切有關(黃美秀等 2010)。

道路為影響黑熊潛在分布之第三重要因素，黑熊會迴避靠近道路且密度高的地區，預測黑熊分布地區有超過 8 成為無道路區域。人造衛星追蹤資料也顯示臺灣黑熊對於道路的迴避行為(葉子維 2020；彭筱晴 2022)；過往全島黑熊預測分布研究也指出，黑熊偏好距離道路 2 km 以上區域，並偏好無道路之區域(蔡幸蓓 2011)。道路效應通常也與其他人為活動有關，如與道路距離即與至人為建物和農地的距離有密切關連(附錄十一)，這些土地的開發利用則影響棲地品質和棲息地碎片化。因此黑熊有能力跨越馬路，然道路及所伴隨的其他形式的人為活動皆會減少棲息地的適合度(Brody and Pelton 1989; Kasworm and Manley 1990; Clark et al. 1994; Cushman and Lewis 2010)。道路系統的便利性也可能增加了熊遭狩獵的風險，因為道路阻斷常會降低狩獵頻度(Hwang 2023；Garshelis et al. 2021；王及吳 2005；林玉珮 2007)。例如，寮國的亞洲黑熊仰賴於熱帶森林和高海拔地區，並遠離道路(Scotson 2017)。在北美地區，道路及高速公路也對美洲黑熊造成了威脅，除了增加路殺的死亡率，也會增加獵人及盜獵者接近的機會(Van Manen et al. 2012)。

農地除了非自然棲地外，也常伴隨著高程度的人為干擾，然於鄰近黑熊族群分布區的農地的季節性農作物成熟，有時也會吸引黑熊暫時性離開自然的棲地而前往取食，唯這樣的情況在臺灣還甚少發生(Hwang 2003；黃美秀等 2010)。衛星追蹤大雪山地區的研究指出，儘管追蹤個體有少數有零星定位點接近農地，但動物主要還是在森林性棲地內活動(黃美秀等 2021b)。然基於野生動物危害的理由，國內農民常有於農地或附近林地施放陷阱的情況，導致非目標物種的損傷，本研究收錄因熊中陷阱而通報救

傷和死亡案例便多屬此情況。黑熊的活動範圍很大，學習能力很強，也是機會主義覓食者，當自然食物缺乏時，牠們也會嘗試尋找其他的替代食物來源，例如人為食物(Oka et al. 2004; Kishimoto 2009; Ngoprasert et al. 2011; Wong et al. 2015; Molinari et al. 2016)。在伊朗，棕熊的棲息地適合度隨著果園密度的增加而下降，因為果園密度和靠近人類聚落相關，從而使棕熊的安全性下降(Ashrafzadeh et al. 2023)。另在加拿大，山谷的自然漿果豐度和人類密度同時對棕熊產生吸引力，而其存活率卻降低了 17%，儘管適存值(fitness)較低，熊還是持續遷入該區域，此區遂形成了生態陷阱(ecological trap)，加劇了源族群的個體流失(Lamb et al. 2017)。

(二) 影響預測分布模型預測力的因素

物種分布預測模式實則預期該物種的適合棲息地範圍，但能詳實預測野外族群狀態的研究卻相當稀少(Lee-Yaw et al. 2022)。物種點位資料集有時可能無法充分反應其合適棲息地，因為播遷時的出現位置或許正位在較劣質棲息地(sink habitat)(Pulliam 2000; Loiselle et al. 2007)。利用這些點位的預測模型也因此可能受這些不合適棲地的出現點位誤導，導致動物出現在這裡或許是因為存在容易取得的資源，並非反映其自然行為(Zarzo-Arias et al. 2020)。因此，模型的準確度及預測能力強烈受到物種點位是否反映物種對環境因子的真實反應(Lee-Yaw et al. 2022)。

首先，輸入資料的空間偏差是物種分布建模不確定性的主要來源之一，某些環境條件(易於抵達、靠近聚落、靠近道路等)比其他條件更容易被取樣(Phillips et al. 2009)。例如目擊常出現於道路或步道附近，而相機常會擺在森林中，救傷多在淺山且集中在特定區域，這些位置都與人為可及程度有關。空間上的取樣偏差違反了分布模型的假設，即物種點位來自整體範圍的隨機取樣(Phillips et al. 2006)，而導致高估這些代表某些高度偏差地區

的環境條件(Williams et al. 2002, Kadmon et al. 2004, Anderson and Gonzalez 2011)。

另一個影響模式預測力的因素則是使用影響動物分布的關鍵環境因子和圖層品質。物種分布範圍是反映了許多生態過程的最終結果，然大多數分布模型可能無法充分取得影響物種整體分布的許多因素(Lee-Yaw et al. 2022)。基於我們目前對該物種的瞭解，本研究使用之環境因子尚缺少一些影響的關鍵要素，如更細緻的人為干擾活動，如遊憩壓力、狩獵壓力，以及重要食物資源的分布。另於建模過程中，我們也發現部分圖層有錯誤的情況，後經修正；或是環境條件於樣點出現期間有時空上的變動(如南橫公路於 2023 年 11 月底全線開通)，或二者不一致的情況(如本研究預測前期所使用之圖層)。然有學者指出，藉由增加出現點位數量或能減緩此錯誤的影響(Boitani et al. 2011)。

三、兩時期有熊點位和預測分布圖的變化

考量上述預測分布模型存在的可能偏差，欲瞭解臺灣黑熊於近期(2011 年至 2023 年 7 月，本研究)與前期(2000 年至 2010 年)的差異，本計畫於此不參考前期研究的預測分布圖結果，因為模式採用的環境參數不同(黃美秀等 2010)。於詮釋預測分布圖(圖 29)時，我們適當輔以有熊點位的分布圖(圖 27)的變化，因為二者透露不同的資訊。首先，相較於前期，本期預測模式或有熊點位皆顯示海岸山脈無任何黑熊出現資訊。此外，近期臺灣黑熊的潛在分布範圍除少數地區除外，呈現廣泛擴展的情況。若進一步搭配有熊點位的分布變化來看，中央山脈於玉山國家公園以及往南延伸至雙鬼湖野生動物重要棲息環境和大武山自然保留區北部的範圍，黑熊潛在分布向較低海拔擴展應是較為明確的。至於北部的雪山山脈地區，則是鄰近雪霸國家公園西南側的大雪山森林遊樂區周邊地區。這或許也與近年有熊現

蹤農地或救傷的通報來源多來自於這些地區的紀錄一致(附錄十六、十七)。
另玉山國家公園 20 餘年來累計 3 期無線電追蹤資料亦顯示，黑熊活動於
國家公園以外的範圍和個體比例皆有增加的趨勢(林宛青 2017，葉子維
2020，黃美秀等 2021a, 2022)。

除了上述地區之外，其他地區的預測潛在分布雖有擴張，但有熊紀錄
或網格皆明顯下降，這恐是日後宜加強監測的區域。本期預測潛在分布於
太魯閣國家公園北側的宜蘭縣南澳鄉有明顯的縮減情況，或於雪山山脈北
部區域呈現較破碎化地分布。

兩期的預測分布重疊地區表示在 2000-2023 年間，此區對黑熊持續維
持著適合棲息地，其中約 70%位於中央山脈保育廊道。根據源匯(source-
sink)理論，顯示在有效的經營管理及維持保護區之間的棲息地連接度下，
中央山脈保育廊道可作為維繫全島臺灣黑熊存續的源族群(source habitat)
之效力。然並非全數保護區都有達到同等的有效管理，丹大野生動物重要
棲息環境為連接黑熊南北族群的關鍵區域，該區北部遭丹大聯外道路貫穿
至核心地帶，山林開放後目前無實質法規能有效管理車輛通行，近五年仍
有狩獵、遊憩干擾、菜園造成土地劣化等壓力(林業及自然保育署花蓮及南
投林區管理處 2020)。若能提升保護區系統的整體棲地品質，加強實質上
的棲地連接度，相信更能助於中央山脈保育廊道發揮效用。相對地，因為
有的黑熊分布熱區不在保護區範圍內，若僅關注保護區的效用而忽略保護
區外的棲地品質，將恐難維持族群的存續(Obbard et al. 2017; Nayeri et al.
2022; Ashrafzadeh et al. 2023)。

根據林業署提供自 2015 年起啟動的全島自動照相機監測計畫，我們
挑選運作至少半年以上的相機（包含長期監測網、保護留區、黑熊增設樣
點），總計 343 樣點，然拍攝到黑熊的樣點 37 臺，占全數 10.8%(圖 37)。
根據近期自動相機長期監測網報告指出，自 2019 年起陸續於 9 個保護留
區及野生動物重要棲息環境架設相機，每年拍攝到黑熊的比例為 1.8 至

10%(n=53-60)之間；另針對 9 個臺灣黑熊監測熱區，2020 年至 2023 年期間的相機(33-91 臺)逐年紀錄黑熊的平均 OI 值變化為 0.03-0.07 之間(翁國精等 2023)。反觀目前國內黑熊重要分布熱點之一的玉山國家公園，近年全區自動照相機的監測(2022 年至 2023 年共 76 臺相機)，拍攝到黑熊的樣點比例為 62%，估計該區黑熊佔據率為 0.57，相機平均 OI 值為 0.35(黃美秀等 未發表資料)。雖說大尺度的全島相機監測系統並非以黑熊為目標物種，且多數相機位在保護區以外地區，但 2020 年起亦有針對黑熊的監測熱區，唯記錄黑熊的頻度不論就樣點拍攝比例或 OI 值來看，相較於玉山國家公園樣區，皆有明顯偏低的趨勢，顯示可能較低的相對豐富度。本計畫旨在探討臺灣黑熊於近期的地理分布及變化，雖說地理分布在某些情況下可以適當的反映族群數量或相對豐富度上的可能變化，然除非有長期或多方具說服力的資料證據，否則皆宜謹慎詮釋。

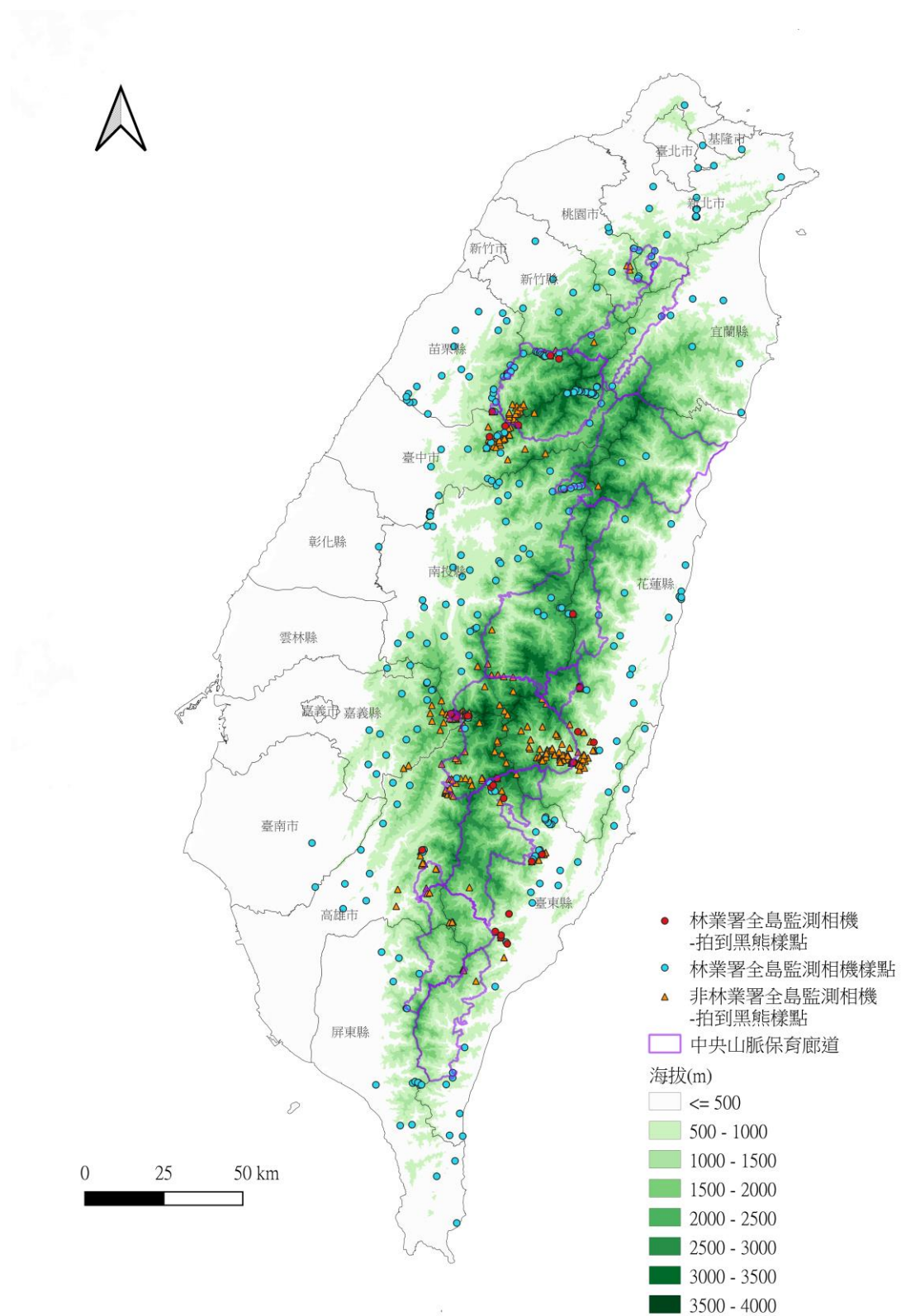


圖 37、林業署自 2015 年起全島監測運作半年以上相機樣點及其他來源自動相機樣點拍攝到臺灣黑熊之分布。

四、人熊關係

(一) 目擊黑熊

大部分的人熊相遇事件發生於人在步行時，有近一半發生於短距離(20 m)內，且目擊頻度隨距離增加而有遞減的趨勢。這應該與人在森林環境中的察覺能力有關。熊類是感官極為靈敏的動物，具有極為敏銳地嗅覺，亦有相當的視覺。以棕熊為例，研究顯示人類僅在 15-26%的相遇事件中，有目擊到熊(Moen et al. 2012; Ordiz et al. 2013)。實際的人熊相遇事件可能比人能察覺或記錄到的目擊事件還多。我們並未發現人熊相遇現場人數和目擊熊的距離有顯著相關，推測可能與現場環境，以及當時熊和人的狀況(如活動、風向)皆有關。

人大多在行進中目擊熊，且多數受訪者表示熊已先注意到人類，而大部分的熊發覺人後採取快速或緩慢離開現場的迴避行為(85.7%)，顯示臺灣黑熊對人的一般性趨避反應。因此，若想避免人熊相遇的情況，則可仿照國外對於黑熊的建議，如攜帶熊鈴、哨子或結伴同行，並沿途製造聲響，如交談或唱歌等，使熊提前察覺人類並迴避(Rasool et al. 2010)。

在少數人熊相遇事件中，臺灣黑熊對人做出防禦性威嚇行為(12.2%)，但未有證實的攻擊性威嚇行為，也未有任何熊攻擊導致人員傷亡的情況。這些防禦性威嚇行為常出現熊吼叫、作勢朝人衝或站立等，大部分的熊威嚇完後隨即離開現場，沒有其他更進一步的攻擊行為。但在其中 2 案例中(RR011、BR202)，均是發生於人熊相距極近的距離下，黑熊表現出較激烈的威嚇行為，如朝人追趕、揮爪等。其中 1 筆的受訪者則倉促逃離現場；另 1 筆則是帶幼熊的母熊，母熊將受訪者驅趕至樹上，確認其沒有對幼熊產生威脅後才帶幼熊離開。上述事件中皆無人受傷，考量人發現熊時，動物已近乎眼前，推測動物應已被人驚擾而人尚未察覺，故熊在被驚擾的情況下產生的威嚇行為被歸類為防禦性，而非攻擊性的威嚇行為(Hopkins et

al. 2010)。

在所有熊威嚇行為事件中，伴隨幼熊的母熊佔了 36%，顯著高於其他熊組成(如單隻成熊或幼熊)發生的頻度，此時母熊也會出現較高程度偵察外界動靜的行為，顯示育幼期的母熊特別敏感和謹慎的典型行為(Garshelis 2009)。此外，近七成的防禦性威嚇發生於近距離(<20 m)內，顯示大部分的防禦性威嚇傾向於發生於近距離的人熊相遇。這與其它地區觀察亞洲黑熊的結果類似，亞洲黑熊的攻擊事件大多數與母子熊，以及突然近距離相遇的防禦行為有關(Rasool et al. 2010; Japan Bear Network 2011)。因此，無預警的近距離人熊相遇，以及母熊是否帶著幼熊應是影響熊表現防禦性威嚇行為的關鍵因素。另有鑑於伴隨幼熊的母熊所表現的威嚇行為經常被錯誤地解讀為攻擊性行為，這也是教育宣導上需注意的。

除了上述防禦性威嚇行為之外，有極少數情況出現行為鑑定的疑慮，此乃受訪者的主觀認定和描述方式影響。例如，有 2 起事件是熊主動朝人接近(PM70、PM74 地點抱崖)，在短時間內發生於相近地點，且由同一位受訪者通報，不排除出現的熊可能為同一個體。該地點(玉山國家公園抱崖山屋)因施工而有臨時暴露在外的煮食空間，熊跟著人到山屋，就在山屋外的廚房覓食。依受訪者描述，熊在未被激怒的情況下主動朝人接近，但動物是否被激怒或騷擾的認定可能因人而異，加上動物的目標被懷疑是附近的食物來源(廚房)，故本研究並未歸類為攻擊性威嚇行為。由此可見，動物的行為認定於訪查或問卷資料收集時，更需謹慎定義行為表現和分析當時情境。

本研究亦有黑熊在山屋或營地工寮附近徘徊、覓食的紀錄，包括上述 2 筆紀錄，共有 10 筆(I12、I66、I67、L5、L8、PM70、PM71、PM72、PM73、PM74)，有數筆紀錄則是熊於一星期內重複出現於同一山屋附近(如 I66、I67 於向陽山屋；PM70、PM71、PM72、PM73、PM74 於抱崖山屋)。這些案例皆為人類在同一地點短時間內密集活動，且人類食物來源疑似暴露在

外或易於取得。黑熊為機會主義覓食者，學習力強，會隨食物可得性改變牠們的覓食模式(Koike et al. 2013)。國外研究顯示 16%的熊攻擊事件與食物有關，因為易取得的食物可能使黑熊對人類活動及人類食物習慣化，並可能進一步發展成攻擊性威嚇行為(Bombieri et al. 2023)。因此，雖說本研究尚未紀錄到明顯的攻擊性威嚇行為，但這也反映出我們在臺灣黑熊活動的環境中，如山屋或工程的無痕山林(leave no trace, LNT)相關管理，仍有待注意和加強，以避免因動物的習慣化行為，而導致更嚴重或不愉快的人熊相遇。

在人熊互動中，也有學者建議不論熊基於甚麼原因而採取行動，當人因為熊而做出極端迴避行為(extreme evasive)，如逃跑、爬樹、裝死、使用防熊噴霧、開槍等，可視為人熊衝突事件(Schirokauer and Boyd 1998)。在本研究紀錄中，有 33 案(14.1%)的受訪者表現出極端迴避行為，而其中近半數的熊實則採取迴避行為。此結果顯示將近半數的人採取極端迴避反應時，並非因為熊本身的行為，而可能是源於人類對大型肉食動物與生俱來的恐懼，或受媒體對肉食動物攻擊事件的誇大渲染(Penteriani et al. 2016; Sakurai 2019)。對此，正確的人熊互動關係的教育宣導，提升民眾減少或因應遇熊的情況，應有助於減少人熊衝突的情況。

在目前的調查資料中並無任何臺灣黑熊主動攻擊人的紀錄。然於 2016 年 12 月曾有媒體報導指出，有登山客攀爬臺中和平區東卯山途中疑似遭小熊抓傷，然由於相關說詞有諸多疑點和矛盾，加上未能採訪到當事人，而無法瞭解實際狀況，故未列入本研究資料中。此外，在訪查時，研究人員也發現極少數受訪者提及曾聽聞有認識的人曾受到熊攻擊，但礙於發生年代較久遠或未能聯繫上當事人等因素，而無法收集到相關資訊。對於本研究未收錄而可能發生於時間點更久遠的臺灣黑熊攻擊人事件，由於未能瞭解當時事發的情境，故不在此做假設性探討。然而，就整體狀況來看，相較於亞洲其他地區來看，嚴格來說，本研究的結果顯示台灣的人熊衝突

情況明顯輕微許多，例如日本、印度、巴基斯坦等(Shah et al. 2010; Acharya et al. 2016; Akiyama et al. 2017)。此差異除了可能與不同地區的熊類族群因所處的自然與人為環境而產生的適應性行為差異有關之外，也可能與在臺灣人與熊相遇的頻度或黑熊的密度皆相對偏低有關。

雖說在台灣近年尚未記錄到熊攻擊人的情事，但此嚴重的人熊衝突在北美洲比起歐洲或亞洲越來越常見，且有增加的趨勢，其中在北美洲主要是因為當黑熊或棕熊與人類的數量都增加，二者遭遇頻度也更頻繁(Garshelis 2009)。在亞洲，熊攻擊人的情況較為人矚目的莫過於懶熊(*Melursus ursinus*)和亞洲黑熊，這些地區的熊多因棲地破壞，僅存在小而碎劣化的原始棲息環境，導致熊可遮蔽的環境和自然食物資源減少，人熊相遇的機會大增，人熊衝突遂隨之增加(Can et al. 2014)。對於這類人熊相遇日趨頻繁的地區，除了可加強此區的潛在人熊衝突事件的監測，以瞭解人熊衝突增加的原因，以及人熊互動關係的可能變化之外，提升相關管理單位對此議題的認知和因應能力，並加強對民眾的教育宣導，皆有助於建立良好的人熊-共存關係(coexistence)，避免不愉快的遇熊經驗。

人遇到熊並不一定會導致人熊衝突，但對於「衝突(conflict)」和「互動(interaction)」的解釋和定義卻常因人甚或熊類管理單位而有所不同，而可能影響到經營管理作為或民眾的態度。就定義上來說，人熊互動(human-bear interaction)是指人與熊互相知道彼此存在的狀況；人熊衝突(human-bear conflict)根據 Lackey (2018) 及 Hopkins (2010)等人參考各家意見後，彙整出以下情況：任何熊對人類生命或財產構成實際的或感知的威脅，或熊使用或損壞人類財產；或熊獲取人類食物、殺死或試圖殺死牲畜或寵物，或熊涉及車輛碰撞(車禍)的事件；或當熊表現出與壓力相關或好奇的行為，導致人們採取極端的迴避行動，或與人的身體接觸，或表現出明顯的掠食行為；或者當熊被人故意傷害或殺死(不包括合法狩獵)時(Lackey et al. 2018)。人熊衝突發生的類型和嚴重程度皆會影響人對熊的容忍程度，並影

響對保育或管理單位的支持程度(Karamanlidis et al. 2011; Rigg et al. 2011; Can et al. 2014)。故針對常見的關鍵詞彙建立適當且一致的定義，以及建立機構間有系統的通報策略，皆有助於未來人熊關係的瞭解，以及評估相關經營管理策略的成效(Lackey et al. 2018)。

事實上，熊是具高度行為彈性且個體差異的動物，影響熊對於人的行為反應和距離受很多因素影響 (Herrero et al. 2005; Kozakai et al. 2011; Ali et al. 2018; Mir et al. 2023)。若欲瞭解臺灣黑熊對人的行為反應，實有賴長期累積的熊目擊資料和相關行為研究，做為日後持續研究分析的方向，以期在經營管理上提供合宜的人熊關係因應策略。

(二) 臺灣黑熊救傷和死亡通報

本研究於 2023 年 7 月資料彙整截止期間，總計收集 31 起黑熊救傷和死亡案，其中多數(27 案)涉及事件重要關係人通報研究者或管理單位者。考量臺灣黑熊於法令上屬禁獵物種，因此推測實際野外黑熊因人為所致的傷殘或死亡情事恐遠高於本研究所收集的數據。例如，研究團隊於 1998-2023 年間捕捉繫放野外黑熊，其中因陷阱所致的傷殘(斷趾和斷掌)比例高達 40%(n=42，未發表)。

黑熊救傷通報於 2023 年下半年另有 6 起案例，包括 4 起為山豬吊陷阱，1 起誤食蝸牛農藥，和 1 筆疑似自然死亡(附錄十七)。也就是說，2023 年的黑熊救傷和死亡通報處理的案例高達 11 起，為歷年之最。此外，熊死亡和救傷通報自 2018 年起似有增加的趨勢，每年 3-6 起。推測此情況可能與 2018 年首次救傷黑熊發生，幼熊(「南安小熊」)及其後續的收容照養及野放的過程，以及陸續其他黑熊的救傷歷程，透過管理單位和民間團體的資訊公開和媒體報導，所產生的社會影響力有關。此外，相關管理單位和民間團體的各項相關教育推廣(如講座)，以及和社區推廣活動(如精準式陷阱說明會等)，也可能皆有助於鄰近黑熊棲息環境的居民進一步瞭解黑熊保

育和通報的重要性，其中也包括林業署於 2022 年 9 月推出的臺灣黑熊生態服務給付示範計畫。然另一方面，考量管理單位為防範黑熊因狩獵或野生動物危害防治活動所致死傷而做的諸多努力，包括電圍籬、精準式陷阱和生態服務給付等，然仍有黑熊持續為陷阱或獵槍所傷或死亡，實仍待進一步的具體評估和公開相關政策的執行成效，同時探討民眾接受或配合的意願或執行限制，以期適時修正和調整相關政策和執行方式。

本研究在此彙整自 2014 年 10 月至 2023 年 12 月期間，通報並經相關管理單位處理的黑熊救傷和死亡，共計 33 例(附錄十六、附錄十七)。其中涉及 15 起死亡和 18 次救傷(共 16 隻個體，其中 2 隻救傷過程中死亡)，包括 5 隻為研究追蹤個體(樣區:大雪山森林遊樂區 3 隻和玉山國家公園 2 隻)。案件發生原因與獵具使用有關者，如槍擊或套索陷阱(皆山豬吊)，共計 21 例(63.6%)。

這些通報熊死亡或救傷的案例，扣除推測自然死亡案例($n=4$ 皆位於玉山國家公園境內)，高比例(86%, $n=29$)發生於保護區以外的範圍。若不計失親幼熊，出現於保護區外的救傷或死亡案例個體的已知雄:雌比例為 14:7，即雄性是雌性的 2 倍。有鑑於一般熊類野外族群性比別為 1:1 (Garshelis 2009)，於保護區外甚至有些靠近部落的產業道路及農地活動的雄性個體比例較高，可能因雄性具有較大的活動範圍，而較容易移動到遠離核心活動範圍的地區。此外，雄性亞成體具有播遷(*dispersal*)的行為模式，會離開其親代的活動範圍而移動到其他地區建立穩定的活動範圍。因此，出現於這些地區的黑熊是否屬鄰近核心族群的向外擴張，甚至已成為穩定的族群分布範圍，或是僅是個體暫時性的移動經過，則有賴較長時間的監測觀察。然若像玉山國家公園東側境外的卓溪鄉山區，近幾年持續有頻繁的熊出現紀錄，而無線電追蹤的個體也有相當程度活動於園區外，此情況是過去調查未曾記錄到的(黃美秀等 2022)。因此可推測此區黑熊族群有從國家公園向外擴展，且族群可能有漸趨穩定的情況。類似的研究觀察也出現於大雪

山森林遊樂區和鄰近區域(黃美秀等 2021b)。除此之外，黑熊族群的擴張和建立，或縮減的推論，皆有賴較長期且有系統的觀察紀錄，方可能有較明確而不失真的結論。

伍、結論及建議

臺灣黑熊活動範圍廣大，族群密度低，偏遠山區的調查研究環境困難，然受威脅物種之地理分布變化為經營管理所必需。本研究為繼 2010 年第一次繪製全島台灣黑熊分布圖之後，首次更新地理分布資料。本期有熊點位資料數量增加，除了得利於期間各項研究調查的努力量增加，以及調查技術和資料來源的差異之外，少數地區綜合各方證據推測黑熊分布擴展且族族群豐度可能增加的情況(如玉山國家公園及鄰近地區)，而多數地區則欠缺長期且足夠的資訊瞭解族群的變動；反之，亦有些地區的有熊點位資料則明顯減少，唯確實分布情況有賴待進一步調查釐清。

相較於前期的黑熊分布，分布預測模式顯示本期潛在分布(即合適棲息地)範圍有些許增加，但主要是較低機率的潛在分布區，中高機率的潛在分布區則變化不大。潛在分布於東西部呈向較低海拔些微擴展的情況，然礙於取樣上的無可避免的偏差和地區性自然和人文環境差異，加上欠缺關鍵的人為干擾因素圖層(如狩獵壓力)，故整體而言，預測的潛在分布範圍恐有高估之嫌。因此，若對照前期的潛在分布範圍，以及二期的有熊點位的分布，我們建議本期黑熊潛在分布範圍減少的區域(圖 29)，以及本期預測有熊分布然有熊點位資料卻缺乏(圖 20)或大幅減少的地區(圖 27)，皆是未來宜加強資料收集，以釐清族群是否可能衰退，並瞭解可能原因的區域。

本研究發現與中央山脈保育廊道距離、海拔、與道路或農地距離，對於黑熊分布預測模式的預測力較有相對較高的影響，顯示此保護區系統對於此瀕危物種保育之重要性。此外，本期所預測黑熊潛在分布的增加範圍則多位於保護區以外的地區。黑熊活動範圍廣大，通常會迴避人類活動頻

繁地區，故建議強化保護區實質的棲地品質(包括生物間的交互作用)和適當減少人為干擾，以及提升無論是保護區內或以外地區的合適棲地的連結度。

近年台灣黑熊出沒於靠近人類活動區域的通報有增加的趨勢，其中熊救傷和死亡的通報呈區域性分布。這些變化部分可能反映出區域性的族群擴展，然亦可能與民眾通報的意願有關，故需要更長期的監測以瞭解實際的族群情況。人遇見熊未必會導致人熊衝突，本研究發現黑熊所造成實際滋擾的紀錄遠低於出現於人為環境或設施的情況，且未有任何黑熊攻擊人的情事。因此，人熊衝突的界定及相關的經營管理對策皆有待進一步釐清。此外，透過正確人熊互動關係資訊的教育推廣，提升社會大眾對台灣黑熊的認識和容忍度，以及加強相關經營管理策略施行的成效評估和調整改善，皆有助於人熊共生和保育目標的達成。

陸、參考文獻

- Abidin, K. Z., T. Lihan, T. M. Taher, N. Nazri, I.-H. A. Zaini, M. S. Mansor, R. Topani, and S. Md. Nor. 2019. Predicting potential conflict areas of the Malayan sun bear (*Helarctos malayanus*) in Peninsular Malaysia using Maximum Entropy Model. *Mammal Study* 44:193.
- Acharya, K. P., P. K. Paudel, P. R. Neupane, and M. Köhl. 2016. Human-wildlife conflicts in Nepal: patterns of human fatalities and injuries caused by large mammals. *PLoS ONE* 11(9): e0161717.
- Ahmadi, M., M. R. Hemami, M. Kaboli, and F. Shabani. 2023. MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed; Model parameterization of four species distribution models. *Ecology and Evolution* 13:e9827.
- Ahmadipari, M., A. Yavari and M. Ghobadi. 2021. Ecological monitoring and assessment of habitat suitability for brown bear species in the Oshtorankooch protected area, Iran. *Ecological Indicators* 126:107606.
- Aiello-Lammens, M. E., R. E. Boria, A. Radosavljevic, B. Vilela, and R. P. Anderson. 2015. spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38:541-545.
- Akiyama, G., H. Kuwahara, R. Asahi, R. Tosa, and H. Yokota. 2017. Prompt procedures have a great impact on the consequences of Asiatic black bear mauling. *Journal of Nippon Medical School* 84(6):294-300.
- Ali, A., M. Waseem, M. Teng, S. Ali, M. Ishaq, A. Haseeb, A. Aryal, and Z. Zhou. 2018. Human-Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) interactions in the Kaghan Valley, Pakistan. *Ethology Ecology and Evolution* 30(5):399-415.
- Anderson, R. P. 2003. Real vs. artefactual absences in species distributions: tests for *Oryzomys albigularis* (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography* 30(4):591-605.
- Anderson, R. P., and A. Raza. 2010. The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela. *Journal of Biogeography* 37(7):1378-1393.

- Anderson, R. P., and E. Martinez-Meyer. 2004. Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological conservation* 116(2):167-179.
- Anderson, R. P., and I. Gonzalez Jr. 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: An implementation with Maxent. *Ecological Modelling* 222:2796-2811.
- Ansari, H. M., and A. Ghoddousi. 2018. Water availability limits brown bear distribution at the southern edge of its global range. *Ursus* 29:13-24.
- Araújo, M. B., R. P. Anderson, A. Márcia Barbosa, C. M. Beale, C. F. Dormann, R. Early, R. A. Garcia, A. Guisan, L. Maiorano, B. Naimi, R. B. O'Hara, N. E. Zimmermann and C. Rahbek. 2019. Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science advances* 5(1):eaat4858.
- Aryal, A., D. Raubenheimer, S. Raubenheimer, B. S. Poudel, W. Ji, K. J. Kunwar, J. Kok, S. Kohshima, and D. Brunton. 2012. Conservation Strategy for Brown Bear and Its Habitat in Nepal. *Diversity* 4(3):301-317.
- Ashrafzadeh, M. R., K. Shahbazinasab, A. Mohammadi, and V. Penteriani. 2023. Determining the distribution factors of an endangered large carnivore: A case study of the brown bear *Ursus arctos* population in the Central Zagros Mountains, Southwest Iran. *Global Ecology and Conservation* 46:e02590.
- Baker, D. J., I. M. D. Maclean, M. Goodall, and K. J. Gaston. 2022. Correlations between spatial sampling biases and environmental niches affect species distribution models. *Global Ecology Biogeography* 31:1038-1050.
- Barber, R. A., S. G. Ball, R. K. A. Morris, and F. Gilbert. 2021. Target-group backgrounds prove effective at correcting sampling bias in Maxent models. *Diversity and Distributions* 28:128-141.
- Benítez-López, A., L. Santini, A. M. Schipper, M. Busana, and M. A. Huijbregts. 2019. Intact but empty forests? Patterns of hunting-induced mammal defauna in the tropics. *PLoS biology* 17(5):e3000247.
- Biber, M. F., A. Voskamp, A. Niamir, T. Hickler, and C. Hof. 2020. A comparison of macroecological and stacked species distribution models to predict future global terrestrial vertebrate richness. *Biogeography* 47(1):114-129.
- Boitani, L., L. Maiorano, D. Baisero, A. Falcucci, P. Visconti, and C. Rondinini.

2011. What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366(1578):2623-2632.
- Bombieri, G., V. Penteriani, K. Almasieh, H. Ambarlı, M. R. Ashrafzadeh, C. S. Das, N. Dharaiya, R. Hoogesteijn, A. Hoogesteijn, D. Ikanda, W. Jędrzejewski, M. Kaboli, A. Kirilyuk, A. K. Jangid, R. K. Sharma, H. Kushnir, B. R. Lamichhane, A. Mohammadi, O. Monroy-Vilchis, J. M. Mukeka, I. Nikolaev, O. Ohrens, C. Packer, P. Pedrini, S. Ratnayeke, I. Seryodkin, T. Sharp, H. S. Palei, T. Smith, A. Subedi, F. Tortato, K. Yamazaki, and M. D. M. Delgado. 2023. A worldwide perspective on large carnivore attacks on humans. *PLoS biology* 21(1):e3001946.
- Brody, A. J., and M. R. Pelton. 1989. Effects of roads on black bear movements in western North Carolina. *Wildlife Society Bulletin* 17:5-10.
- Brook, B. W., N. S. Sodhi, and C. J. A. Bradshaw. 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution* 23(8):453-460.
- Cai, T., J. Fjeldså, Y. Wu, S. Shao, Y. Chen, Q. Quan, X. Li, G. Song, Y. Qu, G. Qiao, and F. Lei. 2018. What makes the Sino-Himalayan mountains the major diversity hotspots for pheasants? *Journal of Biogeography* 45(3):640-651.
- Can, Ö. E., N. D'Cruze, D. L. Garshelis, J. Beecham, and D. W. Macdonald. 2014. Resolving human-bear conflict: a global survey of countries, experts, and key factors. *Conservation Letters* 7(6):501-513.
- Charoo, S. A., L. K. Sharma, and S. Sathyakumar. 2011. Asiatic black bear-human interactions around Dachigam National Park, Kashmir, India. *Ursus*, 22(2):106-113.
- Chen, P., P. Swarup, W. M. Matkowski, A. W. K. Kong, S. Han, Z. Zhang, and H. Rong. 2020. A study on giant panda recognition based on images of a large proportion of captive pandas. *Ecology and Evolution* 10(7):3561-3573.
- Choudhury, A.U. 2013. Records of Asiatic black bear in North East India, Final report to International Association for Bear Research and Management (IBA). The Rhino Foundation for nature in NE India, Guwahati, Assam, India.

- Clapham, M., E. Miller, M. Nguyen, and C. T. Darimont. 2020. Automated facial recognition for wildlife that lack unique markings: A deep learning approach for brown bears. *Ecology and Evolution* 10(23):12883-12892.
- Clark, J. D., D. L. Clapp, K. G. Smith, and B. Ederington. 1994. Black bear habitat use in relation to food availability in the Interior Highlands of Arkansas. *Bears: Their Biology and Management* 9:309-318.
- Costa, G. C., C. Nogueira, R. B. Machado, and G. R. Colli. 2010. Sampling bias and the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation* 19:883-899.
- Coxen, C. L., J. K. Frey, S. A. Carleton, and D. P. Collins. 2017. Species distribution models for a migratory bird based on citizen science and satellite tracking data. *Global Ecology and Conservation* 11: 298-311.
- Cristescu, B., G. B. Stenhouse, and M. S. Boyce. 2016. Large omnivore movements in response to surface mining and mine reclamation. *Scientific Reports* 6:19177.
- Cushman, S. A., and J. S. Lewis. 2010. Movement behavior explains genetic differentiation in American black bears. *Landscape Ecology* 25:1613-1625.
- Dai, Y., H. Huang, Y. Qing, J. Li, and D. Li. 2023. Ecological response of an umbrella species to changing climate and land use: Habitat conservation for Asiatic black bear in the Sichuan-Chongqing Region, Southwestern China. *Ecology and Evolution* 13(6):e10222.
- Datta, A., M. O. Anand, and R. Naniwadekar. 2008. Empty forests: Large carnivore and prey abundance in Namdapha National Park, north-east India. *Biological Conservation* 141(5):1429-1435.
- de Oliveira, G., T. F. Rangel, M S. Lima-Ribeiro, L. C. Terribile, and J. A. F. Diniz-Filho. 2014. Evaluating, partitioning, and mapping the spatial autocorrelation component in ecological niche modeling: a new approach based on environmentally equidistant records. *Ecography* 37:637-647.
- Doko, T., H. Fukui, A. Kooiman, A. G. Toxopeus, T. Ichinose, W. Chen, and A. K. Skidmore. 2011. Identifying habitat patches and potential ecological corridors for remnant Asiatic black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) populations in Japan. *Ecological Modelling* 222:748-761.

- Dormann, C. F., J. Elith, S. Bacher, C. Buchmann, G. Carl, G. Carré, J. R. G. Marquéz, B. Gruber, B. Lafourcade, P. J. Leitão, T. Münkemüller, C. McClean, P. E. Osborne, B. Reineking, B. Schröder, A. K. Skidmore, D. Zurell, and S. Lautenbach. 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36:27-46.
- Dubos, N., C. Preau, M. Lenormand, G. Papuga, S. Monsarrat, P. Denelle, M. Le Louarn, S. Heremans, R. May, P. Roche, and S. Luque. 2022. Assessing the effect of sample bias correction in species distribution models. *Ecological Indicators* 145:109487.
- Duffy, J. E., B. J. Cardinale, K. E. France, P. B. McIntyre, E. Thébault, and M. Loreau. 2007. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. *Ecology letters* 10(6):522-538.
- Elith, J., and J. Leathwick. 2009. The contribution of species distribution modelling to conservation prioritization. Pages 70-93 in A. Moilanen, K. Wilson, and H. Possingham, editors. *Spatial conservation prioritization: quantitative methods*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Elith, J., M. Kearney, and S. Phillips. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Ecology and Evolution* 1(4):330-342.
- European Space Agency. 2023. Copernicus Sentinel 2-A data. Copernicus Access Hub. <<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>>. Accessed 20 Nov 2023.
- Feng, H., Y. Li, Y. Y. Li, N. Li, Y. Li, Y. Hu, J. Yu, and H. Luo. 2021. Identifying and evaluating the ecological network of Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*) in Tieli Forestry Bureau, northeast China. *Global Ecology and Conservation* 26:e01477.
- Fielding, A. H., and J. F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental conservation* 24(1):38-49.
- Fourcade, Y. 2016. Comparing species distributions modelled from occurrence data and from expert-based range maps. Implication for predicting range shifts with climate change. *Ecological Informatics* 36:8-14.
- Fourcade, Y., J. O. Engler, D. Rödder, and J. Secondi. 2014. Mapping Species

- Distributions with MAXENT Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias. *PLoS one* 9(5):e97122.
- Franklin, J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Gabor, L., V. Moudry, V. Bartak, and V. Lecours. 2019. How do species and data characteristics affect species distribution models and when to use environmental filtering? *International Journal of Geographical Information Science* 34(8):1567-1584.
- Gantchoff, M. G., L. Conlee, J. L. Belant. 2022. The effectiveness of opportunistic public reports versus professional data to estimate large carnivore distribution. *Ecosphere* 13:e3938.
- Garshelis, D. L. 2000. Delusions in habitat evaluation: Measuring use, selection, and importance. Pages 111-164 in M. C. Pearl, L. Boitani, and T. K. Fuller, editors. *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences*. Second edition. Columbia University Press. New York, New York, USA.
- Garshelis, D. L. 2009. Family Ursidae (bears). Pages 448-497 in D. F. Wilson, and R. A. Mittermeier, editors. *Handbook of the mammals of the world: vol.1: carnivores*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- Garshelis, D. L. 2022. Understanding species-habitat associations: A case study with the world's bears. *Land* 11(2):180.
- Garshelis, D. L., K. Pigeon, M. H. Hwang, M. Proctor, W. J. McShea, A. K. Fuller, and D. J. Morin. 2022. The need to step-up monitoring of Asian bears. *Global Ecology and Conservation* 35:e02087.
- Garshelis, D. L., K. V. Noyce, M. A. Ditmer, P. L. Coy, A. N. Tri, T. G. Laske, and P. A. Iaizzo. 2020. Remarkable adaptations of the American Black Bear help explain why it is the most common bear: a long-term study from the center of its range. Pages 53-62 in V. Penteriani, and M. Melletti, editors. *Bears of the World. Ecology, Conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Garshelis, D., and R. Steinmetz. 2016. Where are the bears? Conundrums of range mapping. *International Bear News*. 25:6-8.

- Garshelis, D., and R. Steinmetz. 2020. *Ursus thibetanus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN red list of threatened species 2020:e.T22824A166528664.
- Gastón, A., and J. I. García-Viñas. 2011. Modelling species distributions with penalised logistic regressions: A comparison with maximum entropy models. *Ecological modelling* 222(13):2037-2041.
- Gaston, K. J., S. F. Jackson, L. Cantu-Salazar, and G. Cruz-Pinon. 2008. The ecological performance of protected areas. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 39:93-113.
- Glenz, C., A. Massolo, D. Kuonen, and R. Schlaepfer. 2001. A wolf habitat suitability prediction study in Valais (Switzerland). *Landscape and Urban planning* 55(1):55-65.
- Guan, T., F. Wang, S. Li, and W. J. McShea. 2015. Nature reserve requirements for landscape-dependent ungulates: The case of endangered takin (*Budorcas taxicolor*) in Southwestern China. *Biological Conservation* 182:63-71.
- Guevara, L., B. E. Gerstner, J. M. Kass, and R. P. Anderson. 2018. Toward ecologically realistic predictions of species distributions: A cross-time example from tropical montane cloud forests. *Global change biology* 24(4):1511-1522.
- Guisan, A., and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling* 135:147-186.
- Guisan, A., N. E. Zimmermann, J. Elith, C. H. Graham, S. Phillips, and A. T. Peterson. 2007. What matters for predicting the occurrences of trees: techniques, data, or species' characteristics? *Ecological monographs* 77(4):615-630.
- Guisan, A., R. Tingley, J. B. Baumgartner, I. Naujokaitis-Lewis, P. R. Sutcliffe, A. I. T. Tulloch, T. J. Regan, L. Brotons, E. McDonald-Madden, C. Mantyka-Pringle, T. G. Martin, J. R. Rhodes, R. Maggini, S. A. Setterfield, J. Elith, M. W. Schwartz, B. A. Wintle, O. Broennimann, M. Austin, S. Ferrier, M. R. Kearney, H. P. Possingham, and Y. M. Buckley. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology letters* 16(12):1424-1435.
- Guisan, A., W. Thuiller, and N. E. Zimmermann. 2017. Habitat suitability and

- distribution models: with applications in R. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Gunther, K. A. 1994. Bear management in Yellowstone National Park, 1960-93. Bears: their biology and management 9(1):549-560.
- Gunther, K. A., M. A. Haroldson, K. Frey, S. L. Cain, J. Copeland, and C. C. Schwartz. 2004. Grizzly bear-human conflicts in the Greater Yellowstone ecosystem, 1992-2000. Ursus 15:10-22.
- He, Y., J. Ma, and G. Chen. 2023. Potential geographical distribution and its multi-factor analysis of *Pinus massoniana* in China based on the maxent model. Ecological Indicators 154:110790.
- Heinrichs, J. A., D. J. Bender, D. L. Gummer, and N. H. Schumaker. 2010. Assessing critical habitat: evaluating the relative contribution of habitats to population persistence. Biological Conservation 143(9):2229-2237.
- Hernandez, P. A., C. H. Graham, L. L. Master, and D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography 29:773-785.
- Herrero, S., and A. Higgins. 2003. Human injuries inflicted by bears in Alberta: 1960-1998. Ursus 14:44-54.
- Herrero, S., T. Smith, T. D. DeBruyn, K. Gunther, and C. A. Matt. 2005. From the field: brown bear habituation to people-safety, risks, and benefits. Wildlife Society Bulletin 33(1):362-373.
- Hertzog, L. R., A. Besnard, and P. Jay-Robert. 2014. Field validation shows bias-corrected pseudo-absence selection is the best method for predictive speciesdistribution modelling. Diversity and Distributions 20:1403-1413.
- Hidalgo-Mihart, M. G., L. Cantú-Salazar, A. González-Romero, and C. A. López-González. 2004. Historical and present distribution of coyote (*Canis latrans*) in Mexico and Central America. Biogeography 31(12):2025-2038.
- Hirzel, A. H., J. Hausser, D. Chessel, and N. Perrin. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? Ecology 83:2027-2036.
- Hopkins, J. B., S. Herrero, R. T. Shideler, K. A. Gunther, C. C. Schwartz, and S. T. Kalinowski. 2010. A proposed lexicon of terms and concepts for human-bear management in North America. Ursus 21(2): 154-168.

- Hristienko, H., and J. E. McDonald. 2007. Going into the 21st century: a perspective on trends and controversies in the management of the American black bear. *Ursus* 18(1):72-88.
- Hsiao, C., Y. T. Ju, C. H. Chang, S. W. Chen, H. W. Tsai, L. Wang, W. C. Lin, and M. H. Hwang. 2022. Genetic status and conservation implications of endangered Formosan black bears. *Ursus* 2022(33e16):1-13.
- Huberty, C. J. 1994. Applied discriminant analysis. Wiley-Interscience, New York, USA.
- Hwang, M. H. 2003. Ecology of Asiatic black bears and people-bear interactions in Yushan National Park, Taiwan. Dissertation, University of Minnesota, Twin Cities, Minnesota, USA.
- Hwang, M. H., and W. J. Chen. 2009. Antecedents to Tribal bear hunting participation in Taiwan: An application of the theory of planned behavior. Page 67 in International Symposium on Conservation of the Asiatic Black Bear.
- Hwang, M. H., and Y. Wang. 2006. The status and Management of Asiatic black bears in Taiwan. Pages 107-110 in K. Yamazaki et al, editors. Understanding Asian Bears to Secure Their Future. Japan Bear Network Press, Japan.
- Hwang, M. H., D. L. Garshelis, and Y. Wang. 2002. Diets of Asiatic Black Bear in Taiwan, with methodological and geographical comparison. *Ursus* 13:111-125.
- Hwang, M. H., D. L. Garshelis, H. Wu, and Y. Wang. 2010. Home ranges of Asiatic black bears in the Central Mountains of Taiwan: Gauging whether a reserve is big enough. *Ursus* 21:81-96.
- Immelmann, K. and C. Beer. 1989. A dictionary of ethology. Harvard University Press, Cambridge, Maryland, USA.
- IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria. V3.1, second edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN. 2021. The IUCN Red List of threatened species. Version 2021-3. <<http://iucnredlist.org>>. Accessed 20 Nov 2023.
- Japan Bear Network. 2011. Report on statistics of the bear caused human injuries (in Japanese). Ibaraki: Japan Bear Network.
- Jiang, Z., A. R. Huete, J. Chen, Y. Chen, J. Li, G. Yan, and X. Zhang. 2006.

- Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment* 101(3):366-378.
- Kadmon, R., O. Farber, and A. Danin. 2004. Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications* 14(2):401-413.
- Karamanlidis, A. A., A. Sanopoulos, L. Georgiadis, and A. Zedrosser. 2011. Structural and economic aspects of human–bear conflicts in Greece. *Ursus* 22:141-151.
- Karelus, D. L., J. W. McCown, B. K. Scheick, and M. K. Oli. 2018. Microhabitat features influencing habitat use by Florida black bears. *Global Ecology and Conservation* 13:e00367.
- Kass, J. M., R. Muscarella, P. J. Galante, C. L. Bohl, G. E. Pinilla-Buitrago, R. A. Boria, M. Soley-Guardia, and R. P. Anderson. 2021. ENMeval 2.0: Redesign for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions. *Methods in Ecology and Evolution* 12(9):1602-1608.
- Kasworm, W. F., and T. L. Manley. 1990. Road and trail influences on grizzly bears and black bears in northwest Montana. *Ursus* 8:79-84.
- Kendal, K. C., L. H. Metzgar, D. A. Patterson, and B. M. Steele. 1992. Power of sign surveys to monitor population trends. *Ecological Applications* 2(4):422-430.
- Khan, M., T. Rosen, and P. Zahler. 2012. Status and conservation of Asiatic black bears in Diamer District, Pakistan. *International Bear News* 21(1):13-14.
- Kim, T. G., D. Yang, Y. Cho, K. H. Song, and J. G. Oh. 2016. Habitat distribution change prediction of Asiatic Black bears (*Ursus thibetanus*) using Maxent modeling approach. *Korean Journal Ecology and Environment* 49(3):197-207.
- Kishimoto, R. 2009. Status of the 2006 drastic rise of Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) intrusions into residential areas in Nagano Prefecture. Pages 35-39 in T. Oi, N. Ohnishi, T. Koizumi, and I. Okochi, editors. FFPRI Scientific Meeting Report 4 Biology of bear intrusions. Forestry and Forest Product Research Institute, Ibaraki, Japan.
- Kobler, A., and M. Adamic. 2000. Identifying brown bear habitat by a combined GIS and machine learning method. *Ecological modelling* 135:291-300.

- Koike, S., M. Soga, H. Enari, C. Kozakai, and Y. Nemoto. 2013. Seasonal changes and altitudinal variation in deer fecal pellet decay. *European Journal of Wildlife Research* 59:765-768.
- Kozakai, C., K. Yamazaki, Y. Nemoto, A. Nakajima, S. Koike, S. Abe, T. Masaki, and K. Kaji. 2011. Effect of mast production on home range use of Japanese black bears. *Journal of Wildlife Management* 75(4):867-875.
- Kramer-Schadt, S., J. Niedballa, J. D. Pilgrim, B. Schröder, J. Lindenborn, V. Reinfelder, M. Stillfried, I. Heckmann, A. K. Scharf, D. M. Augeri, S. M. Cheyne, A. J. Hearn, J. Ross, D. W. Macdonald, J. Mathai, J. Eaton, A. J. Marshall, G. Semiadi, R. Rustam, H. Bernard, R. Alfred, H. Samejima, J. W. Duckworth, C. Breitenmoser-Wuersten, J. L. Belant, H. Hofer, and A. Wilting. 2013. The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions* 19(11):1366-1379.
- Krofel, M., M. Elfström, H. Ambarlı, G. Bombieri, E. González-Bernardo, K. Jerina, A. Laguna, V. C. O. Penteriani, J. P. Phillips, N. Selva, S. M. Wilson, A. Zarzo-Arias, C. Groff, D. Huber, A. A. Karamanlidis, Y. Mertzanis, E. Revilla, and C. Bautista. 2020. Human-bear conflicts at the beginning of the twenty-first century: patterns, determinants, and mitigation measures. Pages 213-226 in V. Penteriani, and M. Melletti, editors. *Bears of the World. Ecology, Conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kuhlmann, M., D. Guo, R. Veldtman, and J. Donaldson. 2012. Consequences of warming up a hotspot: species range shifts within a centre of bee diversity. *Diversity and Distributions* 18(9):885-897.
- Lackey, C. W., S. W. Breck, B. F. Wakeling, and B. White. 2018. Human-black bear conflicts: a review of common management practices. *Human-Wildlife Interactions Monograph* 2:1-68.
- Lamb, C. T., G. Mowat, B. N. McLellan, S. E. Nielsen, and S. Boutin. 2017. Forbidden fruit: human settlement and abundant fruit create an ecological trap for an apex omnivore. *Journal of Animal Ecology* 86(1):55-65.
- Lee-Yaw, J. A., J. L. McCune, S. Pironon, and S. N. Sheth. 2022. Species distribution models rarely predict the biology of real populations. *Ecography* 2022(6):e05877.

- Leprieur, C., Y. H. Kerr, S. Mastorchio, and J. C. Meunier. 2000. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions: Comparison of remote observations from various scales. *International Journal of Remote Sensing* 21:281-300.
- Linkie, M., Y. Dinata, A. Nugroho, and I. A. Haidir. 2007. Estimating occupancy of a data deficient mammalian species living in tropical rainforests: Sun bears in the Kerinci Seblat region, Sumatra. *Biological Conservation* 137:20-27.
- Linnell, J. C. D., J. E. Swenson, R. Anderson, and B. Barnes. 2000. How vulnerable are denning bears to disturbance? *Wildlife Society Bulletin* 28:400-413.
- Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson, and R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28(3):385-393.
- Liu, F., W. J. McShea, D. L. Garshelis, X. Zhu, D. Wang, and L. Shao. 2011. Human-wildlife conflicts influence attitudes but not necessarily behaviors: Factors driving the poaching of bears in China. *Biological Conservation* 144(1):538-547.
- Liu, F., W. McShea, D. Garshelis, X. J. Zhu, D. J. Wang, J. E. Gong, and Y. P. Chen. 2009. Spatial distribution as a measure of conservation needs: an example with Asiatic black bears in south-western China. *Diversity and Distributions* 15:649-659.
- Loiselle, B. A., P. M. Jørgensen, T. Consiglio, I. Jiménez, J. G. Blake, L. G. Lohmann, and O. M. Montiel. 2008. Predicting species distributions from herbarium collections: does climate bias in collection sampling influence model outcomes?. *Journal of Biogeography* 35(1):105-116.
- Lyons, A. L., W. L. Gaines, and C. Servheen. 2003. Black bear resource selection in the northeast Cascades, Washington. *Biological Conservation* 113:55-62.
- Marini, M. Â., M. Barbet-Massin, L. E. Lopes, and F. Jiguet. 2010. Predicting the occurrence of rare Brazilian birds with species distribution models. *Journal of Ornithology* 151:857-866.
- Mason, T. H. E., P. A. Stephens, G. Gilbert, R. E. Green, J. D. Wilson, K. Jennings, J. R. M. Allen, B. Huntley, C. Howard, and S. G. Willis. 2021. Using indices of species' potential range to inform conservation status.

- Ecological Indicators 123:107343.
- Matsushita, B., W. Yang, J. Chen, Y. Onda, and G. Qiu. 2017. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-density Cypress Forest. *Sensors* 7(11):2636-2651.
- May T. 2001. Social research: issues, methods and process, Open University Press, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- McLellan, B. N., and F. W. Hovey. 2001. Habitats selected by grizzly bears in a multiple use landscape. *The Journal of wildlife management* 65(1):92-99.
- McPherson, J., W. Jetz, and D. J. Rogers. 2004. The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artefact? *Journal of Applied Ecology* 41:811-823.
- McShea, W. J., M. H. Hwang, F. Liu, S. Li, C. Lamb, B. McLellan, D. J. Morin, K. Pigeon, M. F. Proctor, H. Hernandez-Yanez, T. Frerichs, and D. L. Garshelis. 2022. Is the delineation of range maps useful for monitoring Asian bears? *Global Ecology and Conservation* 35:e02068.
- McShea, W., T. Forrester, R. Costello, H. He, and R. Kays. 2016. Volunteer-run cameras as distributed sensors for macrosystem mammal research. *Landscape Ecology* 31:55-66.
- Merow, C., A. M. Wilson, and W. Jetz. 2017. Integrating occurrence data and expert maps for improved species range predictions. *Global Ecology and Biogeography* 26(2):243-258.
- Merow, C., M. J. Smith, and J. A. Silander Jr. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36:1058-1069.
- Merow, C., M. J. Smith, T. C. Edwards Jr, A. Guisan, S. M. McMahon, S. Normand, W. Thuiller, R. O. Wüest, N. E. Zimmermann, and J. Elith. 2014. What do we gain from simplicity versus complexity in species distribution models?. *Ecography* 37(12):1267-1281.
- Mir, A., S. Swaminathan, R. Y. Naqash, T. Sharp, and A. S. Arun. 2023. Asiatic Black Bear *Ursus thibetanus* attacks in Kashmir Valley, India. *Journal of Threatened Taxa* 15(1):22355-22363.
- Moen, G. K., O. G. Støen, V. Sahlén, and J. E. Swenson. 2012. Behaviour of

- solitary adult Scandinavian brown bears (*Ursus arctos*) when approached by humans on foot. PLoS one 7(2):e31699.
- Mohammadi, A., K. Almasieh, D. Nayeri, F. Ataei, A. Khani, J. V. L'opez-Bao, V. Penteriani, and S. A. Cushman. 2021. Identifying priority core habitats and corridors for effective conservation of brown bears in Iran. Scientific Reports 11:1044.
- Molinari, P., M. Krofel, N. Bragalanti, A. Majić, R. Černe, F. Angeli, D. Huber, C. Groff, D. Hipolito, K. Jerina, M. Jonožovič, M. Mohorović, S. Reljić, A. Seveque, M. Stergar, and A. Molinari-Jobin. 2016. Comparison of the occurrence of human–bear conflicts between northern Dinaric Mountains and south-eastern Alps. Carnivore Damage Prevention News 12:9-17.
- Muscarella, R., P. J. Galante, M. Soley-Guardia, R. A. Boria, J. M. Kass, M. Uriarte, and R. P. Anderson. 2014. ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. Methods in Ecology and Evolution 5(11):1198-1205.
- Nayeri, D., A. Mohammadi, A. Zedrosser, and M. Soofi. 2022. Characteristics of natural and anthropogenic mortality of an endangered brown bear population. Journal for Nature Conservation 70:126288.
- Kim, M., K. Jusoff, N. Madani, A. R. Mahmud, A. R. Bahman, and L. Kumar. 2012. Predictive modeling and mapping of Malayan Sun Bear (*Helarctos malayanus*) distribution using maximum entropy. PloS one 7(10):e48104.
- Ngoprasert, D., D. H. Reed, R. Steinmetz, and G. A. Gale. 2012. Density estimation of Asian bears using photographic capture–recapture sampling based on chest marks. Ursus 23(2):117-133.
- Ngoprasert, D., R. Steinmetz, and G. A. Gale. 2013. Estimating the abundance of Asiatic black bears and sun bears in Thailand. International Bear News 22(3):30-32.
- Ngoprasert, D., R. Steinmetz, D. H. Reed, T. Savini, and G. A. Gale. 2011. Influence of fruit on habitat selection of Asian bears in a tropical forest. The Journal of Wildlife Management 75(3):588-595.
- Nielsen, S. E., S. Herrero, M. S. Boyce, R. D. Mace, B. Benn, M. L. Gibeau, and

- S. Jevons. 2004. Modelling the spatial distribution of human-caused grizzly bear mortalities in the Central Rockies ecosystem of Canada. *Biological Conservation* 120:101-113.
- Nowak, B. R. 1991. *Walker's Mammals of the World*. Fifth Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, UK.
- Obbard, M. E., E. J. Newton, D. Potter, A. Orton, B. R. Patterson, and B. D. Steinberg. 2017. Big enough for bears? American black bears at heightened risk of mortality during seasonal forays outside Algonquin Provincial Park, Ontario. *Ursus*, 28(2):182-194.
- Obbard, M. E., M. B. Coady, B. A. Pond, J. A. Schaefer, and F. G. Burrows. 2010. A distance-based analysis of habitat selection by American black bears (*Ursus americanus*) on the Bruce Peninsula, Ontario, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 88(11):1063-1076.
- Oka, T., S. Miura, T. Masaki, W. Suzuki, K. Osumi, and S. Saitoh. 2004. Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management* 68:979-986.
- Ordiz, A., O. G. Støen, S. Sæbø, V. Sahlén, B. E. Pedersen, J. Kindberg, and J. E. Swenson. 2013. Lasting behavioural responses of brown bears to experimental encounters with humans. *Journal of Applied Ecology* 50(2):306-314.
- Palma, L., P. Beja, and M. Rodrigues. 1999. The use of sighting data to analyse Iberian lynx habitat and distribution. *Journal of Applied Ecology* 36(5):812-824.
- Parrish, J. K., H. Burgess, J. F. Weltzin, L. Fortson, A. Wiggins, and B. Simmons. 2018. Exposing the Science in Citizen Science: Fitness to Purpose and Intentional Design. *Integrative and Comparative Biology* 58(1):150-160.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, and A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of biogeography* 34(1):102-117.
- Penteriani, V., M. D. M. Delgado, F. Pinchera, J. Naves, A. Fernández-Gil, I. Kojola, S. Härkönen, H. Norberg, J. Frank, J. M. Fedriani, V. Sahlén, O. G. Støen, J. E. Swenson, P. Wabakken, M. Pellegrini, S. Herrero, and J. V.

- López-Bao. 2016. Human behaviour can trigger large carnivore attacks in developed countries. *Scientific reports* 6(1):20552.
- Pereira, H. M., P. W. Leadley, V. Proença, R. Alkemade, J. P. W. Scharlemann, J. F. Fernandez-Manjarrés, M. B. Araújo, P. Balvanera, R. Biggs, W. W. L. Cheung, L. Chini, H. D. Cooper, E. L. Gilman, S. Guénette, G. C. Hurtt, H. P. Huntington, G. M. Mace, T. Oberdorff, C. Revenga, P. Rodrigues, R. J. Scholes, U. R. Sumaila, and M. Walpole. 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330(6010):1496-1501.
- Peterson, A. T., A. G. Navarro-Sigüenza, and A. Gordillo. 2018. Assumption-versus data-based approaches to summarizing species' ranges. *Conservation Biology* 32(3):568-575.
- Peterson, A. T., and D. R. Stockwell. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological modelling* 148(1):1-13.
- Peterson, A. T., and J. Soberón. 2012. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservação* 10(2):102-107.
- Peterson, A. T., J. Soberón, and V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285(5431):1265-1267.
- Peterson, A. T., J. Soberón, R. G. Pearson, R. P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura, and M. B. Araújo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Phillips, S. J., and M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2):161-175.
- Phillips, S. J., M. Dudík, and R. E. Schapire. 2020. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.4). <http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>. Accessed 15 Jul 2023.
- Phillips, S. J., M. Dudík, J. Elith, C. H. Graham, A. Lehmann, J. Leathwick, and S. Ferrier. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological*

- applications 19(1):181-197.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Pop, I. M., L. Bereczky, S. Chiriac, R. Iosif, A. Nita, V. D. Popescu, and L. Rozyłowicz. 2018. Movement ecology of brown bears (*Ursus arctos*) in the Romanian Eastern Carpathians. *Nature Conservation* 26:15-31.
- Porfirio, L. L., R. M. Harris, E. C. Lefroy, S. Hugh, S. F. Gould, G. Lee, N. L. Bindoff, and B. Mackey. 2014. Improving the use of species distribution models in conservation planning and management under climate change. *PLoS One* 9(11):e113749.
- Proctor, M. F., D. F. Garshelis, P. Thatte, R. Steinmetz, B. Crudge, B. N. McLellan, W. J. McShea, D. Ngoprasert, M. A. Nawaz, S. T. Wong, S. Sharma, A. Fuller, N. Dharaiya, K. Pigeon, G. Fredriksson, D. Wang, S. Li, and M. H. Hwang. 2022. Review of field methods for monitoring Asian bears. *Global Ecology and Conservation* 35: e02080.
- Pulliam, H. R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters* 3:349-361.
- Puri, M., A. Srivathsa, K. K. Karanth, N. S. Kumar, and K. U. Karanth. 2015. Multiscale distribution models for conserving widespread species: the case of sloth bear *Melursus ursinus* in India. *Diversity and Distributions* 21(9):1087-1100.
- Radosavljevic, A., and R. P. Anderson. 2014. Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. *Journal of Biogeography* 41:629-643.
- Rasool, A., A. H. Wani, M. A. Darzi, M. I. Zaroo, S. Iqbal, S. A. Bashir, S. Rashid, and R. A. Lone. 2010. Incidence and pattern of bear maul injuries in Kashmir. *Injury* 41(1):116-119.
- Ratnayake, S., F. T. Van Manen, R. Pieris, and V. S. J. Praga. 2007. Landscape characteristics of sloth bear ranges in Sri Lanka. *Ursus* 18:189-202.
- Reynolds, J. H., W. L. Thompson, and B. Russell. 2011. Planning for success: Identifying effective and efficient survey design for monitoring. *Biological Conservation* 144(5):1278-1284.

- Rigg, R., S. Findo, M. Wechselberger, M. L. Gorman, C. Sillero-Zubiri, and D. W. Macdonald. 2011. Mitigating carnivore-livestock conflict in Europe: lessons from Slovakia. *Oryx* 45:272-280.
- Ripple, W. J., and R. L. Beschta. 2006. Linking wolves to willows via risk-sensitive foraging by ungulates in the northern Yellowstone ecosystem. *Forest ecology and management* 230(1-3):96-106.
- Sahlén, E., O. Støen, and J. E. Swenson. 2011. Brown bear den site concealment in relation to human activity in Sweden. *Ursus* 22:152-158.
- Sakurai, R. 2019. Studies on the Human Dimensions of Black Bear Management in Japan. Pages 25-68 in R. Sakurai, editor. *Human Dimensions of Wildlife Management in Japan: From Asia to the World*. Springer Nature Singapore, Singapore.
- Sakurai, R., and S. K. Jacobson. 2011. Public perceptions of bears and management interventions in Japan. *Human-Wildlife Interactions* 5(1):123-134.
- Schirokauer, D. W., and H. M. Boyd. 1998. Bear-human conflict management in Denali National Park and Preserve, 1982-94. *Ursus* 10:395-403.
- Scotson, L. and M. Brocklehurst. 2013. Bear poaching in Lao PDR is exposed as an increasing threat to wild populations. *International Bear News* 22: 22-23.
- Scotson, L. 2017. Distribution, range connectivity, and trends of bear populations in Southeast Asia. Dissertation, University of Minnesota, Twin Cities, Minnesota, USA.
- Shah, A. A., B. A. Mir, I. Ahmad, S. Latoo, A. Ali, and B. A. Shah. 2010. Pattern of bear maul maxillofacial injuries in Kashmir. *National Journal of Maxillofacial Surgery* 1(2):96-101.
- Smith, T. S., and S. Herrero. 2018. Human-bear conflict in Alaska: 1880-2015. *Wildlife Society Bulletin* 42(2):254-263.
- Smith, T., S. Herrero, and T. D. Debruyne. 2005. Alaskan brown bears, humans, and habituation. *Ursus* 16:1-10.
- Stage, A. R., and C. Salas. 2007. Interactions of elevation, aspect, and slope in models of forest species composition and productivity. *Forest Science* 53(4):486-492.

- Steen, V. A., C. S. Elphick, and M. W. Tingley. 2019. An evaluation of stringent filtering to improve species distribution models from citizen science data. *Diversity and Distributions* 25(12):1857-1869.
- Steinmetz, R., D. L. Garshelis, W. Chutipong, and N. Seuaturien. 2013. Foraging ecology and coexistence of Asiatic black bears and sun bears in a seasonal tropical forest in Southeast Asia. *Journal of Mammalogy* 94(1):1-18.
- Steinmetz, R., S. Srirattanaorn, J. Mor-Tip, and N. Seuaturien. 2014. Can community outreach alleviate poaching pressure and recover wildlife in South-East Asian protected areas?. *Journal of Applied Ecology* 51(6):1469-1478.
- Støen, O. G., T. R. Sivertsen, A. Tallian, G. R. Rauset, J. Kindberg, L. T. Persson, R. Stokke, A. Skarin, P. Segerström, and J. Frank. 2022. Brown bear predation on semi-domesticated reindeer and depredation compensations. *Global Ecology and Conservation* 37:e02168.
- Stolar, J., and S. E. Nielsen. 2015. Accounting for spatially biased sampling effort in presence-only species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 21:595-608.
- Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II): Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4):57-73.
- Su, J., A. Aryal, I. M. Hegab, U. B. Shrestha, S. C. P. Coogan, S. Sathyakumar, M. Dalannast, Z. Dou, Y. Suo, X. Dabu, H. Fu, L. Wu, and W. Ji. 2018. Decreasing brown bear (*Ursus arctos*) habitat due to climate change in Central Asia and the Asian Highlands. *Ecology and Evolution* 8(23):11887-11899.
- Swenson, J. E., F. Sandegren, A. Soderberg, M. Heim, O. J. Sørensen, A. Bjarvall, R. Franzen, S. Wikan, and P. Wabakken. 1999. Interactions between brown bears and humans in Scandinavia. *Biosphere conservation: for nature, wildlife, and humans* 2(1):1-9.
- Terborgh, J., L. Lopez, P. Nuñez, M. Rao, G. Shahabuddin, G. Orihuela, M. Riveros, R. Ascanio, G. H. Adler, T. D. Lambert, and L. Balbas. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294(5548):1923-1926.

- Thurfjell, H., S. Ciuti, and M. S. Boyce. 2014. Applications of step-selection functions in ecology and conservation. *Movement Ecology* 2:1-12.
- Tye, C. A., R. A. McCleery, R. J. Fletcher Jr., D. U. Greene, and R. S. Butryn. 2017. Evaluating citizen vs. professional data for modelling distributions of a rare squirrel. *Journal of Applied Ecology* 54(2):628-637.
- Van Manen, F. T., M. F. McCollister, J. M. Nicholson, L. M. Thompson, J. L. Kindall, and M. D. Jones. 2012. Short-term impacts of a 4-lane highway on American black bears in eastern North Carolina. *Wildlife Monographs* 181:1-35.
- Varela, S., R. P. Anderson, R. Garcia-Valdes, and F. Fernandez-Gonzalez. 2014. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. *Ecography* 37(11):1084-1091.
- Veloz, S. D. 2009. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. *Journal of Biogeography* 36:2290-2299.
- Viña, A., M. N. Tuanmu, W. Xu, Y. Li, Z. Ouyang, R. DeFries, and J. Liu. 2010. Range-wide analysis of wildlife habitat: Implications for conservation. *Biological Conservation* 143:1960-1969.
- Vollering, J., R. Halvorsen, I. Auestad, and K. Rydgren. 2019. Bunching up the background betters bias in species distribution models. *Ecography* 42:1717-1727.
- Wang, D., S. Li, W. J. McShea, and L. M. Fu. 2006. Use of remote-trip cameras for wildlife surveys and evaluating the effectiveness of conservation activities at a nature reserve in Sichuan Province, China. *Environmental Management* 38(6):942-951.
- Wang, F., W. J. McShea, D. Wang, and S. Li. 2015. Shared resources between giant panda and sympatric wild and domestic mammals. *Biological Conservation* 186:319-325.
- Wang, S. W., J. P. Lassoie, and P. D. Curtis. 2006. Farmer attitudes towards conservation in Jigme Singye Wangchuck National Park, Bhutan. *Environmental Conservation* 33(2):148-156.
- Wang, Y. 1990. The current status of Formosan black bear in Taiwan. *Bears: Their Biology and Management* 8:1-4.

- Wang, Y. 1999. Status and management of the Asiatic Black Bear in Taiwan. Pages 213-215 in C. Servheen, S. Herrero, B. Peyton, K. Pelletier, K. Moll, and J. Moll, editors. Bears: status survey and conservation action plan. IUCN, Gland, Switzerland.
- Wenger, S. J., and J. D. Olden. 2012. Assessing transferability of ecological models: an underappreciated aspect of statistical validation. *Methods in Ecology and Evolution* 3:260-267.
- Wilder, J. M., T. D. Debruyne, T. S. Smith, and A. South-Willard. 2007. Systematic collection of bear-human interaction information for Alaska's national parks. *Ursus* 18:209-216.
- Wilkie, D. S., E. L. Bennett, C. A. Peres, and A. A. Cunningham. 2011. The empty forest revisited. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223(1):120-128.
- Williams, P. H., C. R. Margules, and D. W. Hilbert. 2002. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *Journal of biosciences* 27:327-338.
- Wilson, R. J., C. D. Thomas, R. Fox, D. B. Roy, and W. E. Kunin. 2004. Spatial patterns in species distributions reveal biodiversity change. *Nature* 432:393-396.
- Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan, and NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and distributions* 14(5):763-773.
- Wong, W. M., N. Leader-Williams, and M. Linkie. 2015. Managing human-sun bear conflict in Sumatran agroforest systems. *Human Ecology* 43:255-266.
- Zarzo-Arias, A., M. D. M. Delgado, S. Palazón, I. Afonso Jordana, G. Bombieri, E. González-Bernardo, A. Ordiz, C. Bettega, R. García-González, and V. Penteriani. 2021. Seasonality, local resources and environmental factors influence patterns of brown bear damages: Implications for management. *Journal of Zoology* 313(1):1-17.
- Zarzo-Arias, A., V. Penteriani, L. Gábor, P. Š ímová, F. Grattarola, and V. Moudrý. 2022. Importance of data selection and filtering in species distribution models: A Case Study on the Cantabrian Brown Bear.

Ecosphere 13(12):e4284.

Zarzo-Arias, A., V. Penteriani, M. D. M. Delgado, P. P. Torre, R. García-González, M. C. Mateo-Sánchez, P. V. García, and F. Dalerum. 2019. Identifying potential areas of expansion for the endangered brown bear (*Ursus arctos*) population in the Cantabrian Mountains (NW Spain). PLoS one 14(1):e0209972.

上河文化團隊。2012。臺灣地理人文全覽圖。上河文化股份有限公司。

內政部地政司。2016。內政部 20 公尺網格數值地形模型資料。國家發展協會。2023 年 9 月 10 日，取自「政府資料開放平臺」：

<https://data.gov.tw/dataset/35430>。

內政部國土測繪中心。2012。全國第二次國土利用調查計劃執行報告。內政部國土測繪中心。

王穎、S. W. Chu、U. S. Seal 編。1994。台灣黑熊族群與棲地存續分析保育研討會論文集。農業部林業及自然保育署等。

王穎、朱有田、翁國精、顏士清、廖昱銓、邱岫文、洪千翊、沈祥仁、孫佩妤、林子祐、陳匡洵、楊書懿。2015。臺灣水鹿跨域整合研究(四)。國家公園署太魯閣國家公園管理處。

王穎、吳幸如。2005。臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*)與人之衝突現況與保育研究。農業部林業及自然保育署。

王穎、陳世煌、廖昱銓、潘玉潔、陳嫻樺、黃正龍、林康酋、陳芬蕙、陳順其、陳怡君。2022。雪霸國家公園大雪山地區動物資源調查成果。國家公園署雪霸國家公園管理處。

王穎。1999。臺灣黑熊族群調查及保育研究計畫(一)。臺北市動物園之友協會。

王穎。2000。臺灣黑熊族群調查及保育研究計畫(二)。臺北市動物園之友協會。

古馥宇。2018。臺灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoei*)之相對族群量指標開發與評估。碩士論文。國立屏東科技大學。

吳尹仁。2007。台灣黑熊之棲息地利用及分布預測模式。碩士論文。國立屏東科技大學。

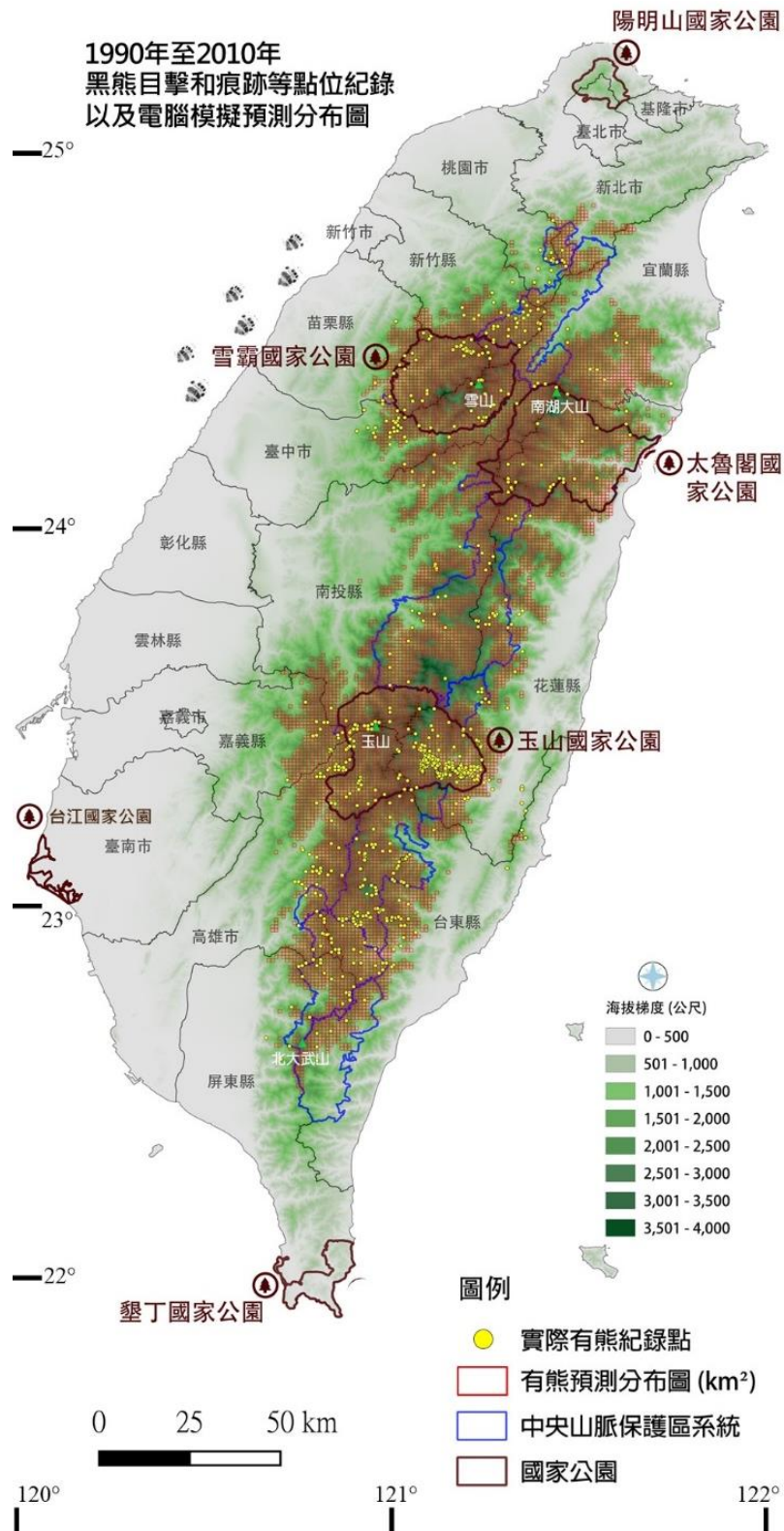
吳幸如、孫元勳、張惠東、陳俊霖、尤靖瑀、吳嫻榛、張佳瑛、曾祥晉。屏東縣來義鄉狩獵自主管理與獵獸監測培力計畫。2023。農業部林業

- 及自然保育署屏東分署。
- 林玉珮。2007。丹大地區布農族狩獵現況之調查研究。碩士論文。國立臺灣師範大學生命科學研究所。
- 林容安。2013。臺灣黑熊族群存續力分析。碩士論文。國立屏東科技大學。
- 林業及自然保育署南投分署、林業及自然保育署花蓮分署。2020。七彩湖野生動物保護區保育計畫(草案)。林業及自然保育署南投分署、林業及自然保育署花蓮分署。
- 邱祈榮、陳財輝、林裕仁、楊鄢如、林欣德。2009。台灣北部地區竹林資源分布及變遷之研究。中華林學季刊 42(1): 89-105。
- 兩林生態股份有限公司。111 年度棲蘭山林區哺乳動物、鳥類資源調查。農業部林業及自然保育署。
- 姜博仁、莊佳霓、林宗以、蔡幸蒨、簡巾雅。2020。泰雅族卡奧灣群狩獵自主管理輔導計畫。農業部林業及自然保育署新竹分署。
- 翁國精。2019。遊客活動對水鹿及其他中大型哺乳動物影響之評估。國家公園署太魯閣國家公園管理處。
- 翁國精、劉建男、端木茂甯、古馥宇、李思賢、張俊怡、張筑竣、李金穎、劉士豪、沈祥仁、周庭安、王人凱。2023。野生動物長期監測系統之優化與資料整合計畫(3/4)。農業部林業及自然保育署。
- 張鈞皓、葉子維、黃美秀。2023。公民科學家參與玉山國家公園臺灣黑熊與共域中大型哺乳動物自動照相機監測。國家公園學報 33(2):17-34。
- 陳一銘、何紋靈、翁瑞鴻、葛兆年。2015。棲蘭檜木林不同林地類型之野生動物群聚。農業部林業試驗所。
- 彭筱晴。2022。大雪山地區臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)的活動範圍和棲息地選擇模式。碩士論文。國立屏東科技大學。
- 黃美秀、王穎、李培芬。2006。台灣黑熊的分佈圖繪製及保育現況之探討。農業部林業及自然保育署。
- 黃美秀、王穎、劉曼儀。2008。臺灣黑熊於南臺灣之分布及棲地利用調查。農業部林業及自然保育署。
- 黃美秀、朱有田、潘姿麟、蔡蕙雯。2014。國家公園臺灣黑熊保育監測及推廣。國家公園署玉山國家公園管理處。
- 黃美秀、吳尹仁、姚中翎、李培芬、王穎、吳海音。2009。台灣黑熊棲息地利用及分布預測模式。特有生物研究 11(2):1-20。

- 黃美秀、林宛青。2019。大雪山地區台灣黑熊之族群監測和保育宣導(3)。農業部林業及自然保育署臺中分署。
- 黃美秀、張鈞皓、高瑄鎂。2022。111 年度玉山國家公園臺灣黑熊族群監測暨保育行動策略推廣。國家公園署玉山國家公園管理處。
- 黃美秀、張鈞皓、葉子維、高瑄鎂。2021a。108-110 年鳥瞰臺灣黑熊：玉山國家公園臺灣黑熊人造衛星追蹤暨生態監測計畫案。國家公園署玉山國公園管理處。
- 黃美秀、郭彥仁、廖贊淳。2017。大雪山地區台灣黑熊之族群監測和保育宣導(2/2)。農業部林業及自然保育署臺中分署。
- 黃美秀、陳維立、林宛青、高瑄鎂、彭筱晴。2021b。大雪山地區台灣黑熊之族群監測和保育宣導(4)。農業部林業及自然保育署臺中分署。
- 黃美秀、潘怡如、蔡幸蓓、郭彥仁、林冠甫。2010。臺灣黑熊分布預測模式及保育行動綱領之建立(1)。農業部林業及自然保育署。
- 黃美秀、蔡幸蓓。2016。分析與建構台灣黑熊核心族群之永續力-人造衛星無線電追蹤台灣黑熊之移動及棲地利用模式。中華民國國家科學及技術委員會科技部。
- 經濟部水利署。2008。水利地理資訊服務平台網站：河川水文。臺北市：經濟部水利署。2023 年 9 月 15 日，取自：
<https://gic.wra.gov.tw/Gis/gic/API/Google/Index.aspx>。
- 葉子維。2020。利用梯度提升樹建構玉山國家公園臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)的棲地選擇模型。碩士論文。國立屏東科技大學。
- 農業部林業及自然保育署。2017。第四次森林資源調查報告。農業部林業及自然保育署。
- 裴家騏、賴玉菁。2021。太魯閣國家公園中大型野生動物資源長期監測建構計畫。國家公園署太魯閣國家公園管理處。
- 蔡幸蓓。2011。臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)族群相對豐富度及分布預測模式。碩士論文。國立屏東科技大學。

柒、附錄

附錄一、1990 年至 2010 年收集之有熊點位分布資料，以及 MaxEnt 模式預測臺灣黑熊分布圖(資料來源：黃美秀等 2010；蔡幸蒨 2011)。



附錄二、彙集主管機關未公開之臺灣黑熊出現紀錄之公文。

台灣黑熊保育協會 函

立案字號：台內社字第 0990033404 號
地址：91201 屏東縣內埔鄉學府路
一號野生動物保育研究所
聯絡人：高瑄鎡
聯絡電話：(08)774-0416
電子信箱：npustbbc@gmail.com

受文者：玉山國家公園管理處

發文日期：中華民國 111 年 08 月 04 日
發文字號：熊字第 1110080401 號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：如說明。

主旨：本會黃美秀理事長申請「貴處同仁曾目擊黑熊名單調查」一案如說明，惠允見覆，請鑒核。

說明：

- 一、本會黃美秀理事長執行本會之「臺灣黑熊地理分布預測模式及人熊關係分析」計劃案，擬申請貴處同仁曾目擊黑熊名單，以及發現有熊出沒相關資訊，請惠予協助。
- 二、「臺灣黑熊地理分布預測模式及人熊關係分析」茲摘述有關內容如下：
 - (一)、研究名稱：臺灣黑熊地理分布預測模式及人熊關係分析。
 - (二)、研究內容：擬蒐集臺灣黑熊目擊和各式出沒資料，更新全島的地理分布資料，並利用最新的各項環境圖層資料，以完成開發更精準的分布預測模式等。
 - (三)、執行單位：台灣黑熊保育協會。
 - (四)、補助單位：行政院農業委員會林務局。
 - (五)、執行期程：自 111 年 5 月 1 日至 112 年 12 月 31 日。
 - (六)、預期效益：藉由模式和問卷分析，進一步瞭解此物種的棲地選擇條件，以及人熊相遇時的狀況。可藉由相關教育宣導與座談會等活動，加強收集資料並釐清可能影響黑熊分布之重要威脅因素，並強化相關管理單位和民眾對黑熊生態習性的瞭解，以達促進監測及保育臺灣黑熊野生族群之目標。
- 三、請貴處協助將「貴處同仁曾目擊黑熊名單調查」於 8/11 前回覆，以提供研究團隊後續訪談的參考依據，所需相關內容如下：

附錄二(續)、彙集主管機關未公開之臺灣黑熊出現紀錄之公文。

- (一)、人員名字。
 - (二)、所屬單位。
 - (三)、聯繫電話。
 - (四)、聯繫信箱。
 - (五)、看過熊的次數。
 - (六)、目擊黑熊大概時間(年月日，2000 年~至今)。
 - (七)、目擊黑熊大概位置等資訊。
- 四、 另提供台灣黑熊目擊通報系統，請目擊過黑熊的同仁，上網通報登記 <https://www.taiwanbear.org.tw/questionnaire/>，以及提供「台灣黑熊目擊與痕跡紀錄表」與「貴處同仁曾目擊黑熊名單調查表單」線上表單 <https://reurl.cc/3Yaog8>，若填寫電子表單請 mail 至 npustbbc@gmail.com。
- 五、 轉知貴處同仁黑熊痕跡(如排遺、爪痕、熊窩、腳印和食痕等)辨識的資訊 <https://www.taiwanbear.org.tw/questionnaire/>。
- 六、 若有任何問題，歡迎聯繫 助理高瑄鎂小姐，電話 08-7740416，或 npustbbc@gmail.com。
- 七、 檢附「台灣黑熊目擊與痕跡紀錄表」與「貴處同仁曾目擊黑熊名單調查表單」各一份。

正本：玉山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、雪霸國家公園管理處。

副本：玉山國家公園管理處保育研究課、本會秘書組、黃美秀 理事長。

理事長：

黃美秀

附錄三、為鼓勵和收集民眾通報黑熊出沒資訊，發文至民間戶外活動相關的組織或企業辦理免費黑熊保育講座之公文。

台灣黑熊保育協會 函

立案字號：台內社字第 0990033404 號
地址：912-01 屏東縣內埔鄉學府路
一號野生動物保育研究所
聯絡電話：(08)774-0416
電子信箱：tbbcabbearsign@gmail.com

受文者：100mountain 百岳 高雄店

發文日期：中華民國 111 年 04 月 27 日
發文字號：熊字第 111042701 號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：如說明。

主旨：為鼓勵國人遇見臺灣黑熊即通報，本會辦理「有熊出沒來通報，作伙拿臂章」，以及「有熊通報！在山上遇到熊該怎麼辦？免費講座」二項活動，請轉知貴單位及其成員鼓勵使用有熊通報系統，請查照。

說明：

- 一、為提高國人於戶外（登山旅遊、鄰近山區農地等區域）遇見臺灣黑熊或看見其蹤跡（足跡、排遺、爪痕等），進行有熊通報，以及提升國人對臺灣黑熊的認識與遇見臺灣黑熊因應方式，因此辦理系列活動，請協助轉知貴單位成員，並鼓勵有熊通報。
- 二、活動一「有熊出沒來通報，作伙拿臂章」
 - （一）活動時間：即日起至 112 年 7 月 31 日止。
 - （二）活動方式：您目前或曾經在野外目擊臺灣黑熊出沒或其蹤跡，請至本會通報系統，進行目擊臺灣黑熊出沒通報，提供相關影像資料，經本會確認為臺灣黑熊，即贈送臺灣黑熊專屬臂章一枚。
 - （三）通報網址：<https://www.taiwanbear.org.tw/questionnaire/>。
- 三、活動二「有熊通報！在山上遇到熊該怎麼辦？」免費講座
 - （一）申請時間：即日起至 111 年 5 月 30 日止。
 - （二）申請辦法：
 1. 由登山社或各戶外活動相關單位提出申請，經本會審核通過。
 2. 由申請單位提供場地，以及相關報名方式與宣傳。
 3. 本會僅無酬提供講師以及相關文宣資料，向民眾傳達黑熊通報系統該如何使用、黑熊痕跡辨識以及人熊相遇如何應對等三個主題。
 4. 本活動全程免費，並開放至少 20 名民眾參與。
 5. 申請單位需協助宣導「有熊通報系統」，並鼓勵民眾遇見熊請通報。
 - （三）申請網址：<https://reurl.cc/oLLXyM>。

附錄三(續)、為鼓勵和收集民眾通報黑熊出沒資訊，發文至民間戶外活動相關的組織或企業辦理免費黑熊保育講座之公文。

四、請協助宣傳與轉知貴單位所屬單位以及成員，協助宣傳「遇到熊，請通報」。

五、檢附「鼓勵有熊通報海報」以及「有熊出沒來通報，作伙拿臂章海報」各一份。

正本：100mountain 百岳 高雄店、100mountain 百岳 台北店、登山補給站、筆記網路(健行筆記)、鄉野情戶外專業中心 五權店、鄉野情戶外專業中心 東海店、鄉野情戶外專業中心 經貿店、台北山水 河南店、台北山水 向上南店、台北山水 台北店、AMOUTER 台北店、AMOUTER 台中店、HANCHOR、Patagonia Taiwan 忠孝復興店、Patagonia Taiwan 台北站前店、Patagonia Taiwan 台中店 Patagonia、Taiwan OUTLEL 土城店、岳達國際有限公司、Mammut Taiwan SOGO 百貨台北忠孝店、Mammut Taiwan Big City 遠東巨城購物中心、Mammut Taiwan 新光三越台中中港店、Mammut Taiwan 高雄夢時代購物中心、Mammut Taiwan 新光三越台南新天地、台南市登山會、新北市山岳協會、屏東縣笠頂興平山友協會、山羊登山隊、小白登山隊、彰化縣登山協會、桃園市山岳協會、台北市山岳協會、台中縣登山會、台中市山岳會、雲林縣山岳協會、新竹市登山協會、基隆市登山協會、嘉義縣山岳協會、嘉義市登山協會、宜蘭縣登山協會、台東縣登山會、高雄市百岳登山協會、屏東縣登山會、台北市登山會、大麥影像傳播工作室、雲豹休閒有限公司、嘉明湖天馬登山隊、布農卡里布灣企業社、嘉明湖熊出沒企業社、卓溪鄉登山協會、台灣三六八 Taiwan368、山林秘境、秘密基地戶外工作室、登山練功房、米亞桑戶外中心。

副本：本會秘書組、黃美秀 理事長。

理事長：

黃美秀

附錄四、為鼓勵國人發現黑熊通報紀錄，發文至民間相關的環境或保育組織。

台灣黑熊保育協會 函

立案字號：台內社字第 0990033404 號
地址：912-01 屏東縣內埔鄉學府路
一號野生動物保育研究所
聯絡電話：(08)774-0416
電子信箱：tbbcabbearsign@gmail.com

受文者：台灣黑熊保育協會

發文日期：中華民國 111 年 04 月 27 日
發文字號：熊字第 111042703 號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：如說明。

主旨：為鼓勵國人遇見臺灣黑熊即通報，本會辦理「有熊出沒來通報，作伙拿臂章」活動，請轉知貴單位及其成員鼓勵使用有熊通報系統，請查照。

說明：

- 一、為提高國人於戶外（登山旅遊、鄰近山區農地等區域）遇見臺灣黑熊或看見其蹤跡（足跡、排遺、爪痕等），進行有熊通報，以及提升國人對臺灣黑熊的認識與遇見臺灣黑熊因應方式，因此辦理系列活動，請協助轉知貴單位成員，並鼓勵有熊通報。
- 二、「有熊出沒來通報，作伙拿臂章」活動
 - (一) 活動時間：即日起至 112 年 7 月 31 日止。
 - (二) 活動方式：您目前或曾經在野外目擊臺灣黑熊出沒或其蹤跡，請至本會通報系統，進行目擊臺灣黑熊出沒通報，提供相關影像資料，經本會確認為臺灣黑熊，即贈送臺灣黑熊專屬臂章一枚。
 - (三) 通報網址：<https://www.taiwanbear.org.tw/questionnaire/>。
- 三、請協助宣傳並轉知貴單位所屬單位以及成員，協助宣傳「遇到熊，請通報」活動。
- 四、檢附「鼓勵有熊通報海報」以及「有熊出沒來通報，作伙拿臂章海報」各一份。

正本：台灣黑熊保育協會、台灣石虎保育協會、WildOne 臺灣野生動物保育協會、荒野保護協會 台北分會、荒野保護協會 桃園分會、荒野保護協會 新竹分會、荒野保護協會 台中分會、荒野保護協會 嘉義分會、荒野保護協會 台南分會、荒野保護協會 高雄分會、荒野保護協會 台東分會、荒野保護協會 花蓮分會、荒野保護協會 宜蘭分會、台灣環境資訊協會、地球公民基金會、台中野生動物保育學會、台北鳥會 WBST、中華鳥會、台灣猛禽研究會、窩窩。

副本：本會秘書組、黃美秀 理事長。

理事長：

黃美秀

附錄五、本計畫執行 16 場登山社講座之活動內容成果。

(1)講座內容安排:

講座名稱	有熊通報！在山上遇到熊該怎麼辦？
講座主題內容	1.臺灣黑熊通報系統
	2.臺灣黑熊生態習性及野外痕跡辨識
	3.遇見黑熊之應對對策
	4. Q & A

(2)講座場次:

單位	日期	時間	講師	類型	參與人數
RFD 運動冒險空間	10/15	16:00-18:00	黃美秀	實體	40
AMOUTER Life	10/16	15:30-17:00	黃美秀	實體	40
百岳登山用品店-高雄館	10/21	19:00-20:30	黃美秀	實體	35
登山補給站	12/01	18:30-20:00	黃美秀	實體	30
台中縣登山會	10/12	20:00-21:00	書合韻	線上	30
逢甲大學萬里登山社 OB 聯誼會 北區	10/13	20:00-21:00	書合韻	線上	45
The GREAT HUNGER 攀登社	10/19	20:00-21:00	書合韻	線上	40
中原大學登山社	10/24	20:00-21:00	詹凡儀	線上	41
自然材好工作室	10/26	20:00-21:00	書合韻	線上	34
彰師大白沙登山社	10/28	19:00-20:00	書合韻	線上	15
EYEGLE 休閒運動太陽眼鏡	11/9	19:00-20:00	書合韻	線上	26
輔仁大學登山社	11/10	19:00-20:00	詹凡儀	線上	20
黎陽×拾山戶外用品店竹北館	11/14	19:00-20:00	詹凡儀	線上	30
Patagonia Taiwan	11/22	19:30-20:30	詹凡儀	線上	23
國立台北大學登山社	11/23	19:30-20:30	詹凡儀	線上	21
臺北醫學大學登山社	12/20	20:00-21:00	詹凡儀	線上	18
總計					488

附錄五(續)、本計畫執行 16 場登山社講座之活動成果。

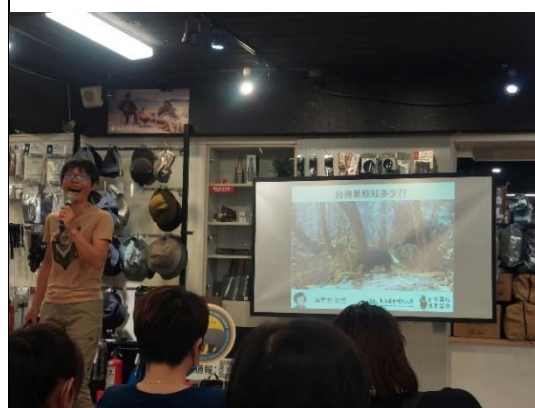
(3)講座活動現場照片



10/15 RFD 運動冒險空間實體講座



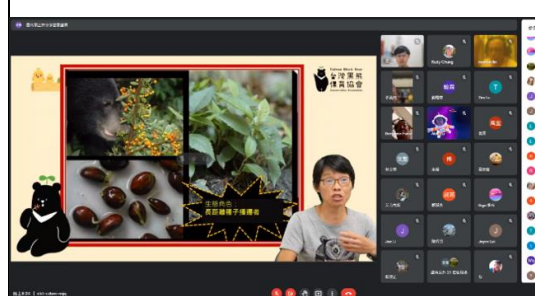
10/16 Amouter Life 實體講座



10/21 高雄百岳實體講座



10/21 高雄百岳實體講座



10/13 逢甲大學萬里登山社 OB 線上講座



10/19 The GREAT HUNGER 攀登社線上講座

附錄六、本計畫執行 4 場林業署分署講座場次之活動內容和成果。

(1)講座內容安排：

講座名稱	臺灣黑熊痕跡辨識和有熊通報講座
講座主題內容	1.填寫黑熊通報紙本問卷
	2.臺灣黑熊通報系統
	3.臺灣黑熊生態習性及野外痕跡辨識
	4.遇見黑熊之應對對策
	5. Q & A

(2)講座場次

單位	日期	時間	講師	類型	參與人數	收集有熊資料(筆)
花蓮分署	12/12	14:00-15:40	書合頡	實體	28	3
屏東分署	12/15	10:10-11:50	書合頡	實體	47	3
嘉義分署	12/16	09:40-11:20	黃美秀	實體	41	6
南投分署	12/16	14:20-16:00	黃美秀	實體	42	2
總計					158	14

附錄六(續)、本計畫執行 4 場林業署分署講座場次之成果。

(3)講座活動現場照片

	
12/16 嘉義林管處講座，秘書長開場引言	12/16 嘉義林管處講座-調查現場目擊黑熊人員分享
	
12/16 南投林管處講座-黑熊生態知識	12/15 屏東林管處講座-黑熊痕跡辨識技巧
	
12/12 花蓮林管處講座-請與會人員填寫黑熊通報紙本問卷	12/12 花蓮林管處講座-部落登山協會分享與熊相遇經驗

附錄七、本計畫設計之臺灣黑熊出沒通報問卷紀錄表。



台灣黑熊出沒通報 紀錄表

資料來源: 研究團隊 2022.12.27

基礎資訊			
通報/填卷時間	__年__月__日 __:__:__		通報受理/紀錄者
目擊/發現者	姓名		電子信箱
	電話		聯絡地址
	(請留下詳細通訊資訊，以利研究團隊進一步確認。)		
	☐ 以前是否看過野外的台灣黑熊? ☐ 是 __次 ☐ 否		
類別	☐ 發現熊痕跡, ☐ 目擊黑熊		
發現地點			座標系統: ☐ TWD67 ☐ TWD97 ☐ WGS84 X:_____ Y:_____ 海拔:_____公尺
發現時間	__年__月__日 __時__分		
上山緣由	☐ 登山遊憩 ☐ 森林巡護 ☐ 狩獵 ☐ 研究調查 ☐ 步道巡護 ☐ 森產採集(例如採愛玉) _____ ☐ 其他: _____		
環境地貌	土地類型(可複選): 森林: ☐ 天然林 ☐ 人工林 ☐ 次生林 道路: ☐ 步道 ☐ 馬路 ☐ 林道 ☐ 產業道路 ☐ 遊憩區(包括山屋/營地周遭) ☐ 溪流或河床 ☐ 住宅房舍附近 ☐ 農牧用地: (☐ 果園 ☐ 菜園 ☐ 休耕地 ☐ 養蜂場 ☐ 禽舍 ☐ 豬舍 ☐ 工寮或倉庫 栽種作物/畜養動物: _____ ☐ 其他: _____		
	植被(可複選): ☐ 闊葉林 ☐ 針葉林 ☐ 竹林/箭竹林 ☐ 裸露地 ☐ 灌叢 ☐ 草原 ☐ 其他 _____		
	附近可能吸引熊接近的物品(可複選): ☐ 無 ☐ 自然食物資源 _____ ☐ 動物屍體 _____ ☐ 蜂蜜 ☐ 農作物 _____ ☐ 家禽/畜 _____ ☐ 垃圾/廚餘 ☐ 人類食物 ☐ 動物飼料(如:狗、雞飼料等) ☐ 其他 _____		

A. 發現黑熊痕跡	
類型	☐ 排遺 ☐ 腳印 ☐ 食痕 ☐ 折枝 ☐ 爪痕(樹木/種類 _____) ☐ 其他 _____
新舊估計	☐ 新(約__天) ☐ 舊(約__個月) ☐ 不清楚
是否提供影像檔案	☐ 有 ☐ 無
其他補充說明	

填答完 A 部分後，也請填 C 部分哦~

附錄七(續)、本計畫設計之臺灣黑熊出沒通報問卷紀錄表。

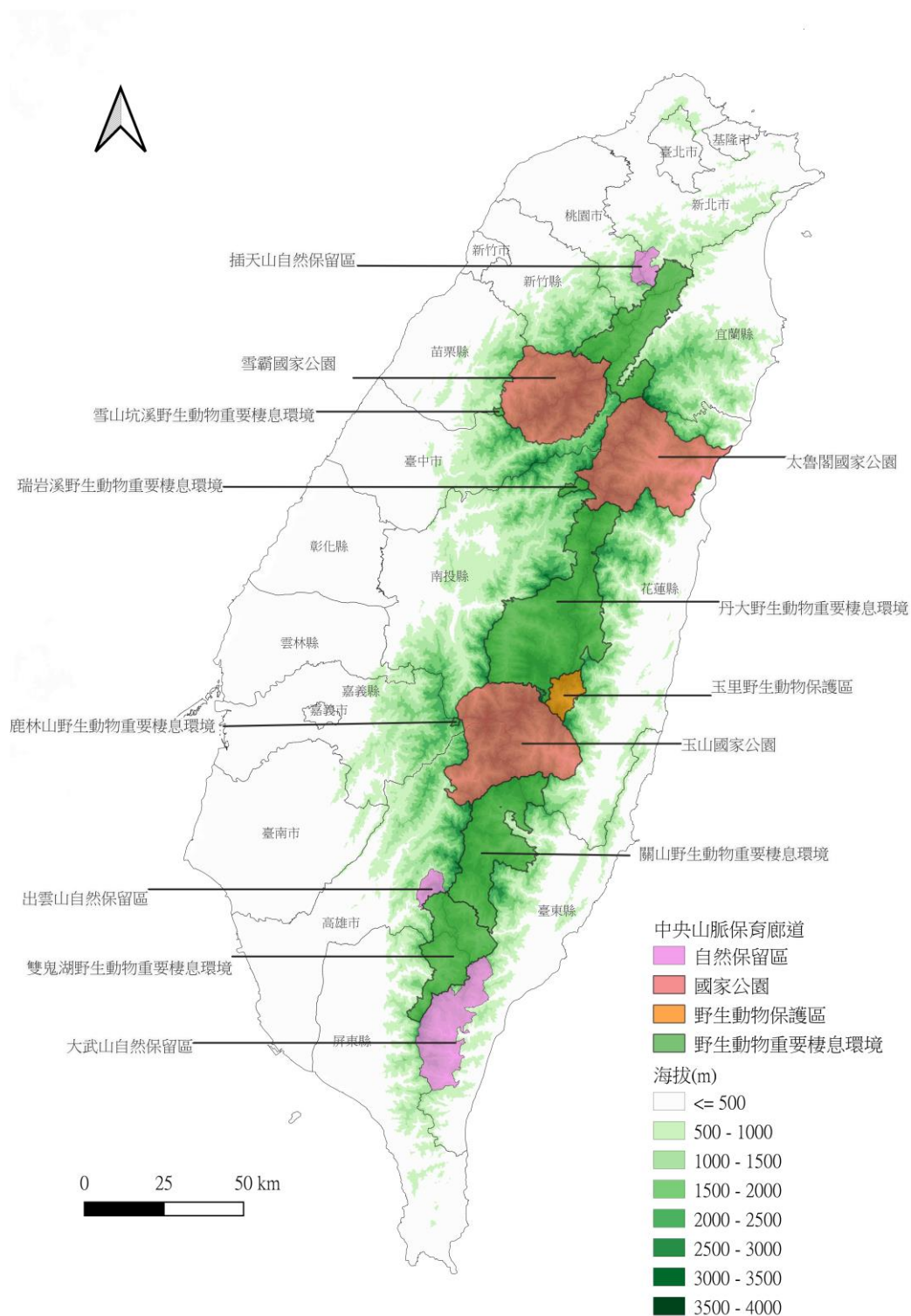
B.目擊黑熊				
個體數		共_____隻，大(成)熊：_____隻，幼熊：_____隻		
第一隻熊	體型	☐ 10-30cm ☐ 30-50cm ☐ 50-70cm ☐ 70-100cm ☐ 100-150cm ☐ >150cm ☐ 不清楚		
	性別	☐ 公	☐ 母	☐ 不清楚
第二隻熊	體型	☐ 10-30cm ☐ 30-50cm ☐ 50-70cm ☐ 70-100cm ☐ 100-150cm ☐ >150cm ☐ 不清楚		
	性別	☐ 公	☐ 母	☐ 不清楚
其他說明				
黑熊行為與反應				
1.看到熊當下，您的感覺如何？				
2.目擊熊當下，總共_____人在現場？				
3.目擊當下，您正在做什麼？				
☐ 行進 ☐ 休息 ☐ 開車 ☐ 煮食/用餐 ☐ 工作_____ ☐ 其它_____				
4.目擊當下，黑熊和您之間的大約距離？				
☐ 小於 20 ☐ 20 - 50 ☐ 50-100 ☐ 大於 100 公尺				
5.第一眼看到熊時，黑熊正在做什麼？				
☐ 慢步 ☐ 奔跑 ☐ 爬樹 ☐ 休息 ☐ 覓食 ☐ 其它_____				
5-1(早上題)若黑熊正在進食，牠在吃什麼？(可複選)				
☐ 不清楚				
☐ 自然食物資源： ☐ 果實 ☐ 莖葉 ☐ 蜂蜜 ☐ 昆蟲_____ ☐ 動物_____ ☐ 其他_____				
☐ 非自然食物： ☐ 垃圾/廚餘 ☐ 家禽/畜_____ ☐ 動物飼料 ☐ 農作物_____ ☐ 其他_____				
6.黑熊何時注意到人員存在？				
☐ 目擊前，黑熊就發現我了 ☐ 目擊後約_____分鐘黑熊發現人員存在 ☐ 黑熊一直未發現人員				
7.您目擊黑熊後，您做出什麼反應？(可複選)				
☐ 靜止不動 ☐ 緩慢離開 ☐ 快速逃跑 ☐ 爬樹 ☐ 使用防熊噴霧				
☐ 大聲喊叫或發出聲響 ☐ 趴在地上裝死 ☐ 拿可防身物品威嚇 ☐ 其他_____				
8.黑熊發現您後，熊做出什麼反應？(可複選)				
☐ 繼續原先的活動 ☐ 緩慢走開 ☐ 吼叫威嚇 ☐ 站立				
☐ 朝人觀望、戒備 ☐ 快速逃離 ☐ 主動接近人 ☐ 其它_____				
9.是否有人因為遇見黑熊，而因故受傷或發生意外？				
☐ 是 ☐ 否 說明：_____				
C.下一次，如果有機會的話				
1.您是否希望以後再看到野外的黑熊？				
☐ 是 ☐ 否 ☐ 沒意見 為什麼？_____				
2.您知道以下哪些做法有助於減少遇到熊的機會，或避免不愉快地與熊相遇？(可複選)				
☐ 盡量結伴同行 ☐ 輕聲走路 ☐ 必要時，沿途製造些聲響，如吹口哨、講話				
☐ 避免走夜路 ☐ 妥善收存食物、垃圾與廚餘 ☐ 看到熊在遠方時，人要輕聲離開現場				
☐ 單獨行動 ☐ 隨身攜帶哨子或鈴鐺 ☐ 攜帶防熊噴霧 ☐ 其它_____				
3.您是否會先了解您預計前往的地點有無黑熊出沒？				
☐ 是 ☐ 否				

問卷填答完畢，謝謝您的填寫

附錄八、根據農業部林業及自然保育署發布之第四次森林資源調查報告(2017)定義本研究之植被類型。

第二層森林林型分類	本研究分類
闊葉樹林型	闊葉林
針葉樹林型	針葉林
針闊葉樹混淆	針闊葉混合林
竹林	竹木混合林(簡稱竹林)
竹闊混淆林	竹木混合林
竹針混淆林	竹木混合林
竹針闊混淆林	竹木混合林
待成林地	未使用
陰影	未使用
裸露地	未使用

附錄九、中央山脈保育廊道涵蓋不同類型的保護區系統。



附錄十、根據內政部國土測繪中心發布之第二次國土利用調查分類系統

表(2006)定義本研究之土地利用類型。

國土利用第一級類別	國土利用第二級類別	本研究分類
農業使用土地(01)	農作(0101)	農地
	水產養殖(0102)	農地
	畜牧(0103)	農地
	農業附帶設施(0104)	農地
交通使用土地(03)	機場(0301)	人為建物
	鐵路(0302)	人為建物
	港口(0304)	人為建物
水利使用土地(04)	溝渠(0402)	人為建物
	水利構造物(0405)	人為建物
建築使用土地(05)	商業(0501)	人為建物
	住宅(0502)	人為建物
	工業(0503)	人為建物
	其他建築用地(0504)	人為建物
公共設施使用土地(06)	政府機關(0601)	人為建物
	學校(0602)	人為建物
	醫療保健(0603)	人為建物
	社會福利設施(0604)	人為建物
	公用設備(0605)	人為建物
	環保設施(0606)	人為建物
遊憩使用土地(07)	文化設施(0701)	人為建物
	休閒設施(0702)	人為建物
礦鹽使用土地(08)	礦業(0801)	人為建物
	土石(0802)	人為建物
	鹽業(0803)	人為建物
其他使用土地(09)	軍事用地(0901)	人為建物
	災害地(0906)	人為建物
	營建剩餘土石方(0907)	人為建物
	空置地(0908)	人為建物

附錄十一、建立 MaxEnt 分布預測模式所使用的各項環境因子之間的皮爾森相關係數。

	海拔	坡度	坡向	闊葉 林面 積比 率	針葉 林面 積比 率	針闊 葉混 合林 面積 比率	竹林 面積 比率	NDVI	與河 流距 離	道路 密度	與道 路距 離	與中 央山 脈保 育廊 道距 離	與人 為建 物距 離	與農 地距 離	與草 生地 距離	與裸 露地 距離
海拔	1	0.07	0.11	-0.66	0.70 ^a	0.18	-0.27	0.00	0.25	-0.29	0.37	-0.39	0.42	0.48	-0.49	-0.13
坡度	0.07	1	-0.12	0.10	-0.06	0.06	-0.12	0.21	0.12	-0.07	-0.03	-0.09	-0.01	0.06	-0.06	-0.03
坡向	0.11	-0.12	1	-0.05	0.04	0.00	0.10	0.03	0.07	-0.11	0.02	0.05	0.04	-0.02	-0.06	0.03
闊葉林面積 比率	-0.66	0.10	-0.05	1	-0.80 ^a	-0.37	-0.02	0.25	-0.07	-0.01	-0.29	0.23	-0.32	-0.41	0.40	0.11
針葉林面積 比率	0.70 ^a	-0.06	0.04	-0.80 ^a	1	-0.05	-0.15	0.02	0.13	-0.12	0.24	-0.23	0.25	0.40	-0.36	-0.08
針闊葉混合 林面積比率	0.18	0.06	0.00	-0.37	-0.05	1	-0.13	0.06	0.00	-0.09	0.24	-0.17	0.23	0.20	0.01	-0.06
竹林面積比 率	-0.27	-0.12	0.10	-0.02	-0.15	-0.13	1	-0.02	0.01	0.36	-0.20	0.32	-0.21	-0.24	0.00	0.15
NDVI	0.00	0.21	0.03	0.25	0.02	0.06	-0.02	1	0.13	-0.15	-0.19	0.12	-0.23	-0.08	0.18	0.08
與河流距離	0.25	0.12	0.07	-0.07	0.13	0.00	0.01	0.13	1	-0.05	-0.03	0.05	0.03	-0.01	-0.08	0.07
道路密度	-0.29	-0.07	-0.11	-0.01	-0.12	-0.09	0.36	-0.15	-0.05	1	-0.32	0.26	-0.28	-0.27	0.04	0.16
與道路距離	0.37	-0.03	0.02	-0.29	0.24	0.24	-0.20	-0.19	-0.03	-0.32	1	-0.44	0.76 ^a	0.70 ^b	-0.23	-0.15

^a 皮爾森相關係數 ≥ 0.70

附錄十一(續)、建立 MaxEnt 分布預測模式所使用的各項環境因子之間的皮爾森相關係數。

	海拔	坡度	坡向	闊葉 林面 積比 率	針葉 林面 積比 率	針闊 葉混 合林 面積 比率	竹林 面積 比率	NDVI	與河 流距 離	道路 密度	與道 路距 離	與中 央山 脈保 育廊 道距 離	與人 為建 物距 離	與農 地距 離	與草 生地 距離	與裸 露地 距離
與中央山脈 保育廊道距 離	-0.39	-0.09	0.05	0.23	-0.23	-0.17	0.32	0.12	0.05	0.26	-0.44	1	-0.58	-0.42	0.24	0.33
與人為建物 距離	0.42	-0.01	0.04	-0.32	0.25	0.23	-0.21	-0.23	0.03	-0.28	0.76 ^a	-0.58	1	0.60	-0.27	-0.16
與農地距離	0.48	0.06	-0.02	-0.41	0.40	0.20	-0.24	-0.08	-0.01	-0.27	0.70 ^b	-0.42	0.60	1	-0.29	-0.16
與草地距 離	-0.49	-0.06	-0.06	0.40	-0.36	0.01	0.00	0.18	-0.08	0.04	-0.23	0.24	-0.27	-0.29	1	0.04
與裸露地距 離	-0.13	-0.03	0.03	0.11	-0.08	-0.06	0.15	0.08	0.07	0.16	-0.15	0.33	-0.16	-0.16	0.04	1

^a 皮爾森相關係數 ≥ 0.70

^b 與道路距離和與農地距離之皮爾森相關係數為 0.698， < 0.70 因此仍採用此二因子

附錄十二、本研究採用的政府研究調查資料庫清單，以及下載黑熊相關資訊。

次 序	資料庫名稱	所屬單位	2011-2023 年原始 黑熊出現紀錄(筆)	經比對篩選後， 採用的黑熊出現 紀錄(筆)	下載日期
1	林業及自然保育署 生態調查資料庫	農業部林業及自然保育署	10712	132	2023/10/05
2	臺灣生物多樣性網 絡 TBN	農業部生物多樣性研究所	10977	13	2023/10/25
3	國家公園生物多樣 性資料庫	內政部國家公園署	102	83	^a 2022/12/15
4	濕地環境資料庫	內政部國家公園署	19	4	^a 2022/12/01
5	臺灣生物多樣性資 訊機構 TaiBIF	中央研究院生物多樣性研 究中心	98	0 ^b	2023/10/25
小計				232	

^a 國家公園生物多樣性資料庫以及濕地環境資料庫於 2023/7/31，查看兩資料庫網頁上發現自下載日期後並無新增黑熊出現紀錄，因此並未下載更新。

^b TaiBIF 的黑熊紀錄經交叉比對後皆與其他資料庫重複。

附錄十三、本計畫調閱政府研究調查報告記錄有熊出現紀錄的文獻來源(2011年1月至2023年7月)。

年份	作者	計畫名稱	出版單位
2013	王穎、朱有田、翁國精、顏士清、廖昱銓、楊書懿、葉川逢、張郁琦、陳匡洵、方唯軒	台灣水鹿跨域整合研究(二)	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2013	張學文、何英毅、利軒仲、徐銘宏、陳信翰、曹家銘、鄭瓊珍、王鴻毓、梁師瑤、黃雅莉、黃紀瑜	玉山國家公園南橫地區生態系資源調查	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2013	張學文	出雲山自然保留區陸域脊椎動物相調查(2/3)	農業部林業及自然保育署屏東分署
2014	王穎、朱有田、翁國精、顏士清、洪千翊、邱岫文、陳匡洵、李冠逸、葉川逢、楊書懿、陳怡君、林子祐、劉士豪、廖昱銓、林函瑜、沈祥仁	台灣水鹿跨域整合研究(三)	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2014	黃美秀、朱有田、潘姿麟、蔡蕙雯	國家公園臺灣黑熊保育監測及推廣	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2014	黃美秀、郭彥仁	大雪山地區臺灣黑熊之族群監測與保育宣導(1/2)	農業部林業及自然保育署臺中分署
2015	姜博仁	鹿林山野生動物重要棲息環境野生動物資源調查	農業部林業及自然保育署嘉義分署
2015	翁國精、裴家騏	嘉義縣阿里山鄉中大型哺乳動物相對豐度與分布調查暨各部落傳統文化祭儀中野生動物之利用及當代狩獵範圍之探討	農業部林業及自然保育署嘉義分署
2016	姜博仁、吳禎祺、蔡世超、王玉婷	第四次全國森林資源調查野生動物調查成果報告	農業部林業及自然保育署
2017	林良恭、徐歷鵬、陳逸文、侯惠美、藍軍凌、施欣言、西晨瑋、劉禎、張文彥、陳嘉宏、蔡知剛、李勝雲	大霸尖山線中高海拔動物資源動態變化調查研究	內政部國家公園署雪霸國家公園管理處
2017	高雄市政府文化局	106年國定考古遺址萬山岩雕群監管保護計畫	文化部

附錄十三(續)、本計畫調閱政府研究調查報告記錄有熊出現紀錄的文獻來源
(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)。

年份	作者	計畫名稱	出版單位
2017	黃美秀、郭彥仁、廖贊淳	大雪山地區臺灣黑熊之族群監測和保育宣導(2/2)	農業部林業及自然保育署台中分署
2017	趙榮台、劉建男、周政翰	106 年玉山國家公園楠溪林道蝙蝠與中大型哺乳動物監測工作	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2018	張坤城、王志強、蔡若詩、莊永忠	研擬大鬼湖重要濕地(國家級)保育利用計畫草案委託專業服務	農業部林業及自然保育署屏東分署
2018	陳韋志、吳聲海、葉文斌	大鬼湖重要濕地(國家級)基礎調查委託專業服務	農業部林業及自然保育署花蓮分署
2018	裴家騏	嘉義縣阿里山鄉鄒族原住民狩獵自主管理機制輔導與研究	農業部林業及自然保育署嘉義分署
2019	王志強	108 年小鬼湖重要濕地(國家級)生態環境監測調查計畫	農業部林業及自然保育署臺東分署
2019	姜博仁、蔡幸蒨、王玉婷	玉山國家公園塔塔加地區黃喉貂生態習性調查監測系統建置案	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2019	翁國精	遊客活動對水鹿及其他中大型哺乳動物影響之評估	內政部國家公園署太魯閣國家公園管理處
2019	黃美秀、林宛青	大雪山地區臺灣黑熊之族群監測和保育宣導(3)	農業部林業及自然保育署台中分署
2020	姜博仁、蔡幸蒨、莊佳霓	臺中市八仙山地區原住民因應傳統文化與祭儀狩獵中大型哺乳動物之族群監測與經營管理 2/2	農業部林業及自然保育署臺中分署
2020	孫元勳	108-109 年度玉山國家公園熊鷹族群生態與周邊布農部落之關聯研究計畫	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2020	翁國精、吳立越、沈祥仁、徐世佳、蘇怡德、張硯宇、周庭安、杜宜庭	玉山國家公園塔塔加地區臺灣水鹿與遊客活動相關性	內政部國家公園署玉山國家公園管理處

附錄十三(續)、本計畫調閱政府研究調查報告記錄有熊出現紀錄的文獻來源
(2011 年 1 月至 2023 年 7 月)。

年份	作者	計畫名稱	出版單位
2020	黃美秀、張鈞皓	南安小熊野放後監測及台灣黑熊救傷機制建構計畫	農業部林業及自然保育署花蓮分署
2021	王志強	109-110 年度小鬼湖重要濕地(國家級)基礎調查	農業部林業及自然保育署臺東分署
2021	吳幸如、松竹芳、陳俊霖、王郁傑、李亭蓉、尤靖瑀、林軒宇、吳珮榛、何葳、葉雅宸、蔡昀庭、陳哲安、侯穎霖	110 年玉山國家公園南部園區狩獵自主管理規劃及可行性評估計畫	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2021	曾喜育、陳相伶	109-110 年度玉山國家公園塔塔加地區中大型草食性動物組成與植被消長關係調查計畫	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2021	黃美秀、張鈞皓、葉子維、高瑄鎂	108-110 年鳥瞰臺灣黑熊：玉山國家公園臺灣黑熊人造衛星追蹤暨生態監測計畫	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2021	黃美秀、陳維立、林宛青、高瑄鎂、彭筱晴	大雪山地區臺灣黑熊之族群監測和保育宣導(4)	農業部林業及自然保育署台中分署
2022	王穎、陳世煌、廖昱銓、潘玉潔、陳嫻樺、黃正龍、林康酋、陳芬蕙、陳順其、陳怡君	雪霸國家公園大雪山地區動物資源調查成果	內政部國家公園署雪霸國家公園管理處
2022	邱祈榮、林政道	110-111 年玉山國家公園八通關森林火燒之生態監測與自然復育評估計畫	內政部國家公園署玉山國家公園管理處
2022	黃美秀、張鈞皓、高瑄鎂	111 年度玉山國家公園臺灣黑熊族群監測暨保育行動策略推廣	內政部國家公園署玉山國家公園管理處

附錄十四、於 Facebook 社群張貼台灣黑熊協會黑熊通報系統資訊的單位清單及流通程度。

單位名稱	張貼日期	按讚數 ^a	分享數 ^a
台灣黑熊保育協會	2022/04/08		
	2023/04/13	2,176	176
	2023/04/14		
登山補給站	2022/04/11	34	2
健行筆記	2022/09/22	104	2
AMOUTER	2022/05/10	153	5
HANCHOR	2022/05/9	46	2
台中市山岳協會	2022/08/19	12	1
大麥影像傳播工作室	2022/05/02	1,734	18
台科大登山社	2022/06/27	2	0
暨大登山社	2022/04/08	33	0
宜大登山社	2022/04/24	4	0
彰師大白沙登山社	2022/10/28	25	10
玉山國家公園	2022/04/18	1,435	48
台灣石虎保育協會	2022/05/09	109	2
窩窩	2022/05/10	1,128	52
瀕臨絕種團	2022/05/28	1,229	68
雪羊視界	2022/05/10	4,621	217
城市山人	2022/05/13	989	7
登山借問站	2022/04/25		
	2022/04/19	348	2
登山通報站	2022/04/18	14	0
靠北登山大小事	2022/04/24		
	2023/04/13	293	4
肉腳登山隊	2022/05/02	18	0
生態大腸花論壇	2022/04/25	10	0
台灣野生哺乳動物的窩	2022/04/25	43	1
兩棲爬行動物研究站	2022/04/25	102	2
流通量加總		14,662	619

^a 流通程度因無法查看原始貼文的瀏覽人次，故以按讚次數以及分享次數計算。

附錄十五、本計畫所採用野外臺灣黑熊捕捉繫放及衛星追蹤的相關資訊。

頸圈 編號	性別	樣區	捕捉日期	^a 追蹤日期- 迄	衛星追蹤 定位點數
16698	F	玉山國家公園	2014/11/10	2015/06/28	8
16703	F	玉山國家公園	2014/11/11	2015/10/12	12
16708	M	玉山國家公園	2014/11/19	2015/09/06	10
16702	F	玉山國家公園	2014/12/14	2015/10/01	10
16709	M	玉山國家公園	2014/12/26	2016/09/05	19
16704	M	玉山國家公園	2015/06/29	2017/01/27	13
16705	F	大雪山森林遊樂區	2015/11/27	2016/09/28	9
16707	F	玉山國家公園	2015/12/20	2018/02/28	27
16701	M	大雪山森林遊樂區	2015/12/20	2017/09/05	21
16699	F	玉山國家公園	2016/04/29	2016/08/09	4
16706	F	玉山國家公園	2016/05/16	2018/02/10	20
16710	M	大雪山森林遊樂區	2016/05/19	2017/07/25	14
^b 16688	F	大雪山森林遊樂區	2018/10/14	2018/10/28	6
^b 16688	F	大雪山森林遊樂區	2018/11/08	2019/07/14	22
16711	M	大雪山森林遊樂區	2018/11/25	2020/09/27	20
16712	M	大雪山森林遊樂區	2019/03/26	2020/11/26	14
^c 39916	M	玉山國家公園	2020/11/12	2021/05/05	5
^c 39916	M	玉山國家公園	2021/05/06	2021/11/08	8
39919	M	玉山國家公園	2021/03/20	2021/08/06	19
39915	M	玉山國家公園	2021/04/25	2021/12/29	26
39917	M	玉山國家公園	2021/05/02	2022/11/13	25
39920	M	玉山國家公園	2021/06/01	2023/07/31	5
39918	M	玉山國家公園	2021/07/10	2023/07/31	3
93686	M	大雪山森林遊樂區	2023/03/04	2023/07/31	3
^d 93685	M	大雪山森林遊樂區	2023/03/25	2023/06/02	2
93681	F	大雪山森林遊樂區	2023/05/21	2023/07/31	8
93687	F	大雪山森林遊樂區	2023/05/22	2023/07/31	12

^a 若研究個體於本計畫採用資料的最後期限仍持續追蹤中，則以 2023/7/31 為基準。

^b 個體曾更換頸圈，編號統一以 16688 為代表。

^c 個體曾更換頸圈，編號統一以 39916 為代表。

^d #93685 個體於 2023/06/03 被發現死亡於套索陷阱上。

附錄十六、自 2014 年 10 月開始至 2023 年 7 月，通報野外臺灣黑熊需救傷或死亡，且經相關管理單位出面處理或地檢署偵查的紀錄。

編號	時間	狀況/原因	地區	簡要說明
1	2014/10/18	死亡/不明	台東海端鄉	雄，向陽山屋黑熊死亡通報。
2	2016/8/14	死亡/自然	花蓮卓溪鄉	雌，玉山國家公園研究個體(編號 16699)。
3	2016/9/22	死亡/不明	花蓮卓溪鄉	雌，拉庫拉庫溪黑熊陳屍於溪床上。
4	2018/3/18	死亡/槍擊	花蓮卓溪鄉	雄，卓溪鄉瓦拉米步道黑熊死亡通報，約 2.2k 下邊坡 15 m 處。
5	2018/7/10	救傷/ 失親幼熊	花蓮卓溪鄉	雌，卓溪鄉南安瀑布道步道邊發現孤兒幼熊落單。照養後次年 4 月底野放。
6	2018/10/28	救傷/病	台中和平區	雌，大雪山地區研究個體(編號 F16688)牙疾。
7	2019/6/10	救傷/陷阱	花蓮卓溪鄉	雄，左前肢腕骨受困於陷阱，救傷後現地野放。
8	2019/7/27	救傷/ 失親幼熊	台東海端鄉	雌，廣原村大埔部落民眾發現。經救傷收容 10 月後野放。
9	2019/9/27	救傷/ 失親幼熊	台東海端鄉	雄，南橫利稻村內誤闖雞舍的小熊，經村民誘捕後交由臺東林區管理處照養。後逃逸下落不明。
10	2020/1	死亡/ 陷阱&槍擊	新竹五峰鄉	性別不明，觀霧國有林地山老鼠獵殺臺灣黑熊，調查指稱熊被陷阱捕捉後槍擊。(新竹地檢署)
11 ^a	2020/1/25	死亡/槍擊	屏東霧台鄉	性別不明，成體。巴油溪附近山區遭槍擊。
12	2020/3/17	死亡/不明	花蓮卓溪鄉	雌，南安部落卓樂橋頭農地(和森林交界處附近)處，死亡黑熊。
13	2020/4/19	救傷/陷阱	台東海瑞鄉	雌，錦屏林道母熊受困陷阱。收容後野放。
14	2020/12/10	救傷/ 槍擊&陷阱	台東海端鄉	雄，崁頂，熊中山豬吊陷阱且身中 3 槍。收容後後野放。
15	2021/5/11	死亡/自然	花蓮卓溪鄉	雄，大分溫泉河床死亡個體，死亡多時。

^a 經屏東地檢署偵結起訴調查的案件(於 111 年 12 月 8 日接獲情資及偵辦)，鄉民於 3 年內獵殺 4 隻臺灣黑熊。(資料來源:屏東地檢署)

附錄十六(續)、自 2014 年 10 月開始至 2023 年 7 月，通報野外臺灣黑熊需救傷或死亡，且經相關管理單位處理或地檢署偵查的紀錄。

編號	時間	狀況/原因	地區	簡要說明
16	2020/10/1	救傷/陷阱	台中和平區	(1)雄，大雪山地區東勢東卯山編號 16711 黑熊，中農民設置的山豬吊陷阱，第一次救傷。
17	2021/1/23	救傷/陷阱	台中和平區	(2)東勢東卯山編號黑熊 16711，桃山部落農民設置的山豬吊陷阱，第二次救傷後送治療。
18	2022/5/9	死亡/ 槍擊&陷阱	南投仁愛鄉	(3)東勢東卯山黑熊編號 16711。2022/4/12 異地野放丹大野生動物重要棲息環境，5/9 被發現死亡後掩埋(武界部落)。
19	2021/11/27	死亡/自然	南投信義鄉	雄(亞成體)，研究個體編號 39916 (YNP-BB01)，沙里仙溪上游。
20 ^a	2022/10/5	死亡/槍擊	屏東霧台鄉	雌，隘寮北溪遭獵殺，熊中陷阱後再槍獵殺。
21 ^a	2022/12/8	死亡/槍擊	屏東霧台鄉	雌，大武村某處林地遭槍獵殺，3 槍致死。後摩托車三貼遊街。
22 ^a	2021/5	死亡/槍擊	屏東霧台鄉	雄，霧台鄉來布安溪遭槍獵殺。
23	2023/4/8	救傷/陷阱	台東海端鄉	雄(亞成體)，錦屏林道受困山豬吊陷阱。經緊急處置後送治療。
24	2023/5/2	救傷/陷阱	花蓮卓溪鄉	雄(亞成體)，左前肢受困山豬吊陷阱。經緊急處置後送治療。
25	2023/6/3	死亡/陷阱	台中和平區	雄成體，南勢部落山區，大雪山研究黑熊編號 93685。
26	2023/6/30	救傷/陷阱	台東海端鄉	雄(80 kg)，崁頂紅石林道 3K，左前肢斷(舊傷)。經緊急處置後送治療。
27	2023/7/2	救傷/陷阱	花蓮卓溪鄉	雄(84 kg)，咖啡園，左前肢受困山豬吊陷阱。經緊急處置後送治療。

^a經屏東地檢署偵結起訴調查的案件(於 111 年 12 月 8 日接獲情資及偵辦)，鄉民於 3 年內獵殺 4 隻台灣黑熊。(資料來源:屏東地檢署)

附錄十七、2023 年 8 月至 12 月，民眾通報野外臺灣黑熊需救傷或死亡之紀錄。

編號	時間	狀況/原因	地區	簡要說明
1	2023/8/23	救傷/陷阱	臺東海端鄉	雄成體。民眾通報黑熊左前肢受困套索陷阱，並躲避於紅石產業道路旁樹上。經緊急處置後送治療。
2	2023/8/27	救傷/陷阱	花蓮卓溪鄉	雌亞成體。民眾通報於海拔 580 m 次生林中發現黑熊右前肢受困套索陷阱。傷勢嚴重現場進行截掌手術，8/27 後送臺東野灣野生動物救援中心，8/30 於清創過程中休克死亡。
3	2023/9/20	死亡/疑似自然死亡	花蓮卓溪鄉	民眾通報玉山國家公園境內多美麗山區發現一熊屍，頭骨和身軀大小估計為亞成體。
4	2023/10/16	救傷/陷阱	苗栗泰安鄉	雄幼體，29 kg，105 cm。民眾通報於果園旁海拔 851 m 原保地桂竹林中發現小黑熊左前肢受困套索陷阱。經緊急處置後送治療。
5	2023/10/19	救傷/中毒	花蓮卓溪鄉	雄成體。民眾通報工寮遭黑熊入侵破壞，林業及自然保育署花蓮分署派員前往展開驅離後，發現該個體不但未離開，且躺臥床板、全身抽搐與急促喘息。經檢查右前掌曾有斷掌舊傷外並無其他外傷，且身體極為消瘦，於後送野灣野生動物救援中心途中死亡，經剖檢確認黑熊因攝入除蝸農藥聚乙醛(Metaldehyde)導致中毒死亡。
6	2023/12/26	救傷/陷阱	台中和平區	雌成體。民眾通報於梨山地區松茂林道旁林地發現黑熊右前肢受困套索陷阱且腫脹及疑似脫臼，體重約 72 公斤；經緊急處置後送治療。

附錄十八、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」(設計者：林儀珍)。

封面



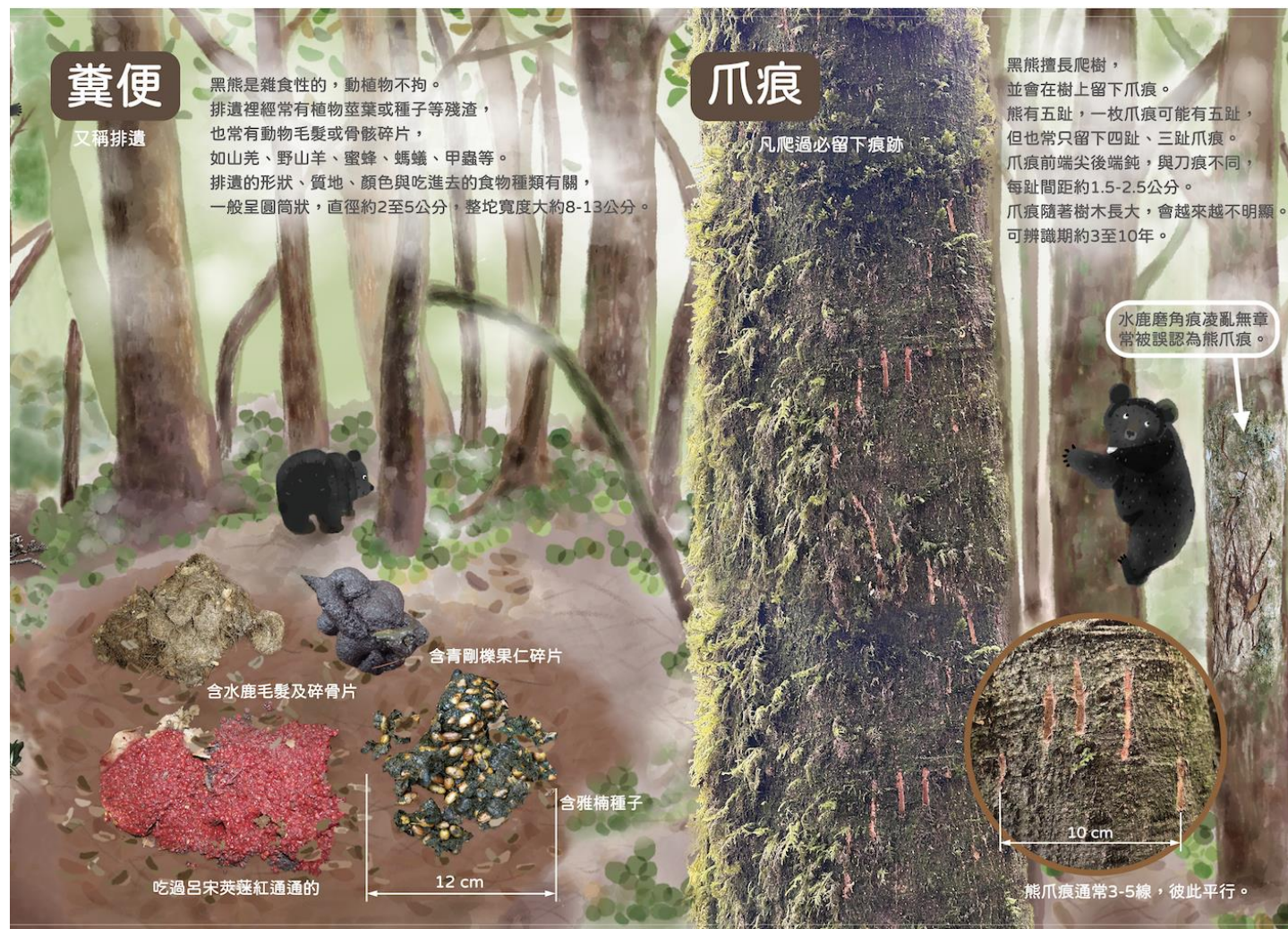
封底



附錄十八(續)、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」(設計者：林儀珍)。



附錄十八(續)、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」(設計者：林儀珍)。



附錄十八(續)、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」(設計者：林儀珍)。



附錄十八(續)、本計畫設計之臺灣黑熊通報及痕跡辨識摺頁「熊出沒注意」(設計者：林儀珍)。

