107 年度行政院農業委員會林務局林業發展計畫

台灣熊鷹長期監測系統建立

Establishing long-term monitoring system of Mountain Hawk-Eagle

計畫編號：107 林發-9.1-保-17(2)

計畫主持人：陳恩理

執行單位：台灣猛禽研究會

中華民國 108 年 1 月 30 日

目錄

摘要.....1
Abstract.....2
一、前言.....3
二、材料與方法.....5
（一）、研究物種.....5
（二）、分布預測模型建立.....5
（三）、樣區規劃.....6
（四）、野外調查.....10
（五）、資料分析.....11
三、結果與討論.....12
（一）熊鷹分布預測建立.....12
（二）熊鷹分布調查.....13
（三）其他猛禽分布調查.....18
（四）占據模型分析結果.....21
四、結論與建議.....23
五、參考文獻.....24
六、附錄.....27

圖目錄

圖 1. 全台各及樣區分布圖.....7

圖 2. 107 年度熊鷹調查樣區分布.....8

圖 3. 熊鷹分布機率圖.....13

表目錄

表 1 納入 MaxEnt 模型建立之環境因子 6

表 2 各縣市各分級樣區數量統計表 7

表 3 107 年 60 個樣區之編號、預測值、所屬縣市、分級及調查點座標 9

表 4 環境因子貢獻度 12

表 5 107 年熊鷹調查樣區筆數（隻次）紀錄 14

表 6 107 年熊鷹調查之熊鷹各筆記錄 15

表 7 107 年有熊鷹記錄樣區之土地利用百分比 16

表 8 107 年有熊鷹記錄樣區之森林利用土地各細項百分比 18

表 9 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數 19

表 10 本調查有記錄之猛禽出現樣區數、記錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。 21

表 11 107 年熊鷹占據率與偵測率可參考模型組 22

表 12 107 年各時段所調查到之猛禽筆數、熊鷹筆數及無猛禽記錄旅次數 22

摘要

熊鷹（*Nisaetus nipalensis*）在台灣為瀕臨絕種的保育類動物，但是目前對於熊鷹族群尚未有系統化的監測方式。由於熊鷹長期以來都面臨獵捕的威脅，因此亟待建立有效的監測系統，作為此物種在經營管理上的參考。本計畫以占據模型為架構，在台南、高雄、屏東及台東四縣市以分層逢機取樣的方式選取 60 個樣區，以定點計數的方式在 10 月及 11 月內進行 3 次調查。所得熊鷹出現與否（1/0）的資訊來評估熊鷹的偵測率並修正占據率，並加入環境因子探討熊鷹族群的分布與土地利用之關係。此外調查時所有出現之猛禽也一併紀錄，作為其他物種監測方法建立之參考。本年度共有 18 個樣區記錄到熊鷹，總記錄筆數為 25 筆，共 29 隻次。原始占據率為 0.3，偵測率為 0.106 ± 0.023。由於偵測率過低，導致修正後占據率可信度失真。經過赤池信量準則(AIC)篩選，對占據率最有影響的因子為闊葉林所佔比例，而並未有明顯因子影響偵測率，偵測率偏低的原因推測為下午調查時段易受天候影響所致。其他留鳥猛禽中以大冠鷲（*Spilornis cheela*）的 282 筆、369 隻次最高，林鵰（*Ictinaetus malaiensis*）84 筆、90 隻次居次，林鵰是近年記錄筆數大幅增加的日猛禽，但是否族群量有顯著增加則需進一步研究。

關鍵字：
熊鷹、分布預測、長期監測、占據模型

Abstract

Mountain Hawk-Eagle (*Nisaetus nipalensis*) is a rare resident raptor in Taiwan. Even though it is protected under the Wildlife Conservation Act, it is still facing serious illegal hunting pressure. Therefore, it is urgent to develop a long-term monitoring system to understand the population trend as the foundation for conservation and management. Due to the imperfect detection of wildlife, we used occupancy modeling framework to evaluate the occupancy probability, distribution and habitat use of Mountain Hawk-Eagle. Sixty sites were selected with stratified random sampling in 4 counties in Southern Taiwan. At each site we conducted 1hr point-count survey and repeated 3 times from October to November 2018. Each trip we chose a different time slot, described as following: A (0900-1100), B (1100-1300) and C (1300-1500). A total of 25 Mountain Hawk-Eagle occurrences were recorded in 18 sites. However, we failed to estimate the occupancy rate due to the low detection rate (0.106 ± 0.023). The results also indicated that the proportion of broad-leaf forests was positively associated with the probability of occupancy, while detection rate was not influenced by environmental factors. The survey in the afternoon (time slot C) was frequently affected by weather condition, and it could be one of the contributing factors for low detection rate. Crested Serpent-Eagle (*Spilornis cheela*) and Black Eagle (*Ictinaetus malaiensis*) were the most abundant diurnal raptor species during the survey, with 282 and 84 records, respectively. This information could be applied for developing monitoring program for the forest-dwelling raptors species in the future.

Keywords:
Mountain Hawk-Eagle, Species Distribution Model, Long-Term Monitoring, Occupancy Modeling

一、前言

熊鷹（*Nisaetus nipalensis*）在台灣屬於瀕臨絕種保育類野生動物，目前國內有關熊鷹的研究著重於繁殖生物學（蔡，2008）、食性（蔡，2008）、棲地利用（洪，2009）、空間分布（蘇與王，2005；何，2006；何等，2007；洪，2009）與獵捕及羽毛利用（孫，2007）等議題，雖然孫元勳（2007）曾利用繁殖密度套疊分布海拔的方式推估過熊鷹族群量，但因採不同估算方式，全台熊鷹族群量而有 500 至 1400 隻的差異（林，2004；孫，2007），且目前尚未有系統化的監測方法。熊鷹是大型猛禽，性成熟時間長族群補充率較低，且相較於其他台灣的日行性猛禽面臨較大的獵捕壓力（孫，2007），因此亟待建立有效的族群監測模式，了解其族群量的消長來擬定保育策略。

物種的長期監測是物種保育及改善經營管理方法的必要步驟（Martin et al., 2007），完善的監測系統可以幫助相關單位掌握物種保育狀態、地景的變化、生態系結構、遺傳性質以及物種數量、組成和分布等資訊（Goldsmith, 2012）。設立監測目標是進行監測計畫前的首要工作，而調查的效益及成本則會受到樣區數量、重複次數等因子影響（MacKenzie and Royle, 2005; Bailey et al., 2007）。除了事前調查努力量的評估，如何減低調查資料誤差亦是設計監測方法時需要考慮的問題（Martin et al., 2007; Wintle et al., 2010）。

在野外調查過程中物種資訊的取得會因調查區域可及性、調查時間、族群數量、物種特性或天氣狀況所影響，導致物種的偵測率（Detection probability）通常會小於 1，然而未發現並非代表該物種不存在，因此若以偵測率非 100%的結果直接推論該物種的分布及族群量將會低估該物種的數量及分布範圍（MacKenzie et al., 2002; MacKenzie et al., 2003; Skipper et.al., 2017），由於有些物種在調查時容易因族群密度過低或物種特性（如行為較隱蔽）而增加調查的困難度，這種低估的狀況在稀有物種的研究上尤其明顯（Durso et al., 2011），但若想降低此誤差在一般調查方法上勢必須要盡可能觀察到樣區內所有個體，如此便會提高勞力、時間或後勤的付出，但所得成果卻不一定能對等提高。

熊鷹主要棲息在台灣中央山區天然林比例較高之區域，其主要活動時間集中於 9 時至 14 時（孫，2007），但相較於其他森林性猛禽，熊鷹因其覓食特性所以在一天之中在空中盤旋的次數較低（林，2006；孫，2007），對調查者來說觀察上相對不容易，因此發展出對應此物種偵測率之調查方法是長期監測計畫執行的關鍵。

占據模型（Occupancy modeling）主要概念為以物種出現的有無（Presence／Absence）資料，經換算後來評估物種的出現與否與棲地的關係，概念類似標放法（capture-recapture）（MacKenzie et al., 2002）。目前此模型已廣泛應用在族群生態學及野生動物研究（Kery et.al., 2009; Kalies et.al., 2012; Bailey et.al., 2004; Carlson et.al., 2015; Skipper et.al., 2017），利用此方式經過長期的調查則可了解目標物種在調查範圍內的年間族群動態，作為族群監測的評估依據。

占據模型在調查設計上是利用短期內對同一樣區重複取樣，記錄樣區內物種出現與否（1 與 0），並依此數據來估計物種之偵測率並且修正占據率（occupancy rate）（MacKenzie et.al., 2006）。占據率指目標物種在所有樣區中占有的比例，是了解物種相對數量及分布的重要指標。而偵測率則是代表在一個目標物種存在樣區的中進行調查時發現該物種的機率。偵測率則受到物種豐度、物種特性(是否鳴叫、活動模式及棲息點等)、所在棲地特性及天候等因素影響。透過空間或時間上的重複取樣評估物種偵測率，便能將調查所得的占據率作修正，得到較正確的占據率以了解此物種的分布，長期下來則可了解族群數量消長。除了物種的占據率之外，占據模型也可配合時間及環境等各種變數判斷物種及棲地之間的關係，並了解影響物種分布的因子。所以對分布區域廣大的物種來說，與傳統調查法相比，利用此調查方式可以節省更多金錢和時間成本（Mackenzie et al. 2002; Mackenzie and Nichols 2004）。

本計畫在調查設計將以上述占據模型為架構，利用同一樣區的重複取樣獲得熊鷹之原始占據率，並由熊鷹偵測率來修正此原始占據率而獲得修正後占據率，藉以探討熊鷹族群的分布模式，再依結果建立可行且有效的調查方法，作為台灣熊鷹族群長期監測方法建立的依據。此外由於熊鷹為台灣日行性猛禽中較罕見之物種，除了數量較少外，其習性也容易造成調查困難，因此若能建立有效的建測方式，則此成果或許可以作為台灣其他森林性日猛禽如林鵰（*Ictinaetus malaiensis*）、大冠鷲（*Spilornis cheela*）長期監測計畫建立的參考。

本計畫的全程目標

1. 調查熊鷹在全台分布狀況。
2. 了解熊鷹分布與地景棲地間的關係。
3. 建立全臺熊鷹分布預測模型。
4. 建立熊鷹長期監測系統模式，提供管理單位具體監測的方法。
5. 作為台灣其他日行性猛禽（如林鵰、大冠鷲）族群監測方法建立的參考。

本計畫的年度(107 年)目標

1. 調查南部地區（台南、高雄、屏東、台東）之熊鷹分布。
2. 以占據模型評估台灣南部熊鷹的偵測率及占據率。
3. 探討台灣南部地區熊鷹分布與棲地間的關係。
4. 比較調查時間與努力量對監測模式建立的影響。

二、材料與方法

（一）、研究物種

熊鷹（*Nisaetus nipalensis*）又名赫氏角鷹，在分類上為鷹形目（Accipitriformes）鷹科（Accipitridae）鷹鵰屬（*Nisaetus*）的日行性猛禽，全世界有二個亞種，在台灣分布的為指名亞種 *N. n. nipalensis*（Clements et.al., 2018），熊鷹體全長雄鳥為 67 至 70 公分，體重介於 1800 至 2200 克，雌鳥體長為 69 至 76 公分，體重介於 2700 至 2900 克（孫，2007），是台灣體型最大的留鳥猛禽。熊鷹的日間活動範圍雖然也包含人工林，但還是以大面積之天然林為主（林，2006；孫，2007）。根據無線電追蹤的結果熊鷹雄鳥的活動範圍為 5.4 至 5.6 平方公里（n=2），未成鳥的活動範圍則可達 600 平方公里以上（孫，2007）。其覓食行多採伏擊的方式，先停棲於視野開闊處觀察，再俯衝攻擊出現的獵物，在育雛期食性上以小型哺乳類動物居多，佔 77.3%，以大赤鼯鼠（*Petaurista philippensis*）、赤腹松鼠（*Callosciurus erythraeus*）居多、鳥類佔 17.3%居次，其中以藍腹鷴（*Lophura swinhoii*）為主，有時也會取食剛死亡的動物屍體（孫等，2014）。台灣南部的熊鷹在 12 月開始築巢，1 月下蛋（1 顆），大約在 3 月開始育雛，雛鳥在 67 至 75 日齡時離巢（蔡，2008），幼鳥在離巢後親鳥會繼續餵食，甚至會持續到隔年繁殖季之前（Morimot and Lida, 1992）。

（二）、分布預測模型建立

由於猛禽為相對稀少之種，因此根據現有資料進行分布預測，了解潛在分布狀況後再篩選調查樣區可提高調查效率。建立熊鷹分布預測所需之觀察紀錄由「台灣猛禽研究會猛禽資料庫」、「eBird 鳥類資料庫」及台灣相關研究人員之私人通訊取得，總計蒐集自 2000 年起至 2018 年 3 月止共 633 筆熊鷹觀察紀錄。再將這 633 筆觀察紀錄中刪除無座標、精確度不足（準確度小於 100 公尺）、座標重複之資料，另由於 2010 年前之記錄已經過多年，台灣部分地區之地貌及土地利用型態經過幾次重大天然災後已有所改變，因此排除 2010 年之前之點位資料。最後將 222 筆資料納入分布模型建構。

本研究採用 MaxEnt Version 3.4.1 軟體建立分布預測模型，此法僅需要物種出現資料及環境因子就可以進行預測，而且在較低樣本數的狀況下仍有良好的預測品質（Hernandez et al., 2006），分析的結果為一個介於 0 到 1 之間的機率值，可視為物種的出現機率（Phillips et al., 2006）。分布預測所需之環境因子採用台灣及澎湖群島環境因子 GIS 資料庫（許，2016）內 90 種環境因子。在建構模型前先進行因子間相關性分析，若有兩環境因子間之相關性高於 0.8，則僅選用其中一個納入分析，篩選後進入模型建構之環境因子共 22 項（表 1）。

表 1. 納入 MaxEnt 模型建立之環境因子

BD_97	建購物與人工鋪面	ELE_97	平均海拔
BIO1_97	年均溫	ELESD_97	地形變化
BIO15_97	降水之季節性	FF_97	農耕地
BIO16_97	最潮濕季節之降水量	FO_97	森林
BIO17_97	最乾燥季節之降水量	GS_97	公園綠地
BIO2_97	平均日溫差	MD_97	草生地
BIO4_97	溫度季節性	ML_97	軍事用地
BIO7_97	年溫差	OC_97	果園
BL_97	裸露地	POP_97	人口密度
BU_97	灌叢	WB_97	水體
DTR_97	最短河流距離	WL_97	濕地

將篩選後點位的 75%作為訓練資料（training data）進行模型建購，25%點位作為檢測資料（test data）進行 100 次隨機取樣（subsampling），最後採取所有結果的平均值做為 MaxEnt 的預測結果。建立模式後以驗證資料計算 AUC (Area Under the Curve)做為評估模式品質的指標。此 AUC 值介於 0-1 之間，若 AUC 值大於 0.7，則表示此模式已達到可接受的標準。當 AUC 值愈接近 1，則表示此模式的品質愈好（Fielding and Bell, 1997）。

（三）、樣區規劃

本年度計畫以台灣南部四縣市（台南市、高雄市、屏東縣、台東縣）為目標樣區。首先建立 5x5 公里之網格系統，並計算網格內熊鷹預測機率之平均值，各網格將依機率值分為 4 等級，第 1 級（Lv 1）為預測機率大於 0.556、第 2 級（Lv 2）預測機率介於 0.48 至 0.556 間、第 3 級（Lv 3）預測機率介於 0.404 至 0.48 間、第 4 級為預測機率在 0.404 以下的網格，本調查將從第一級至第三級的網格取樣（圖 1）。

利用 2016 年路網圖及林道圖篩選道路可及之網格，並用已知分熊鷹布點位並向外緩衝 5 公里的最大多邊形來限制樣區選取的範圍，最後以分層逢機取樣將三個等級的樣區各取 20 網格作為調查樣區，但由於現勘後發現四縣市符合篩選條件之第 1 級樣區數量不足 20 個，因此四縣市實際挑選之樣區數量如下表，總樣區為 60 個（表 2、圖 2）。

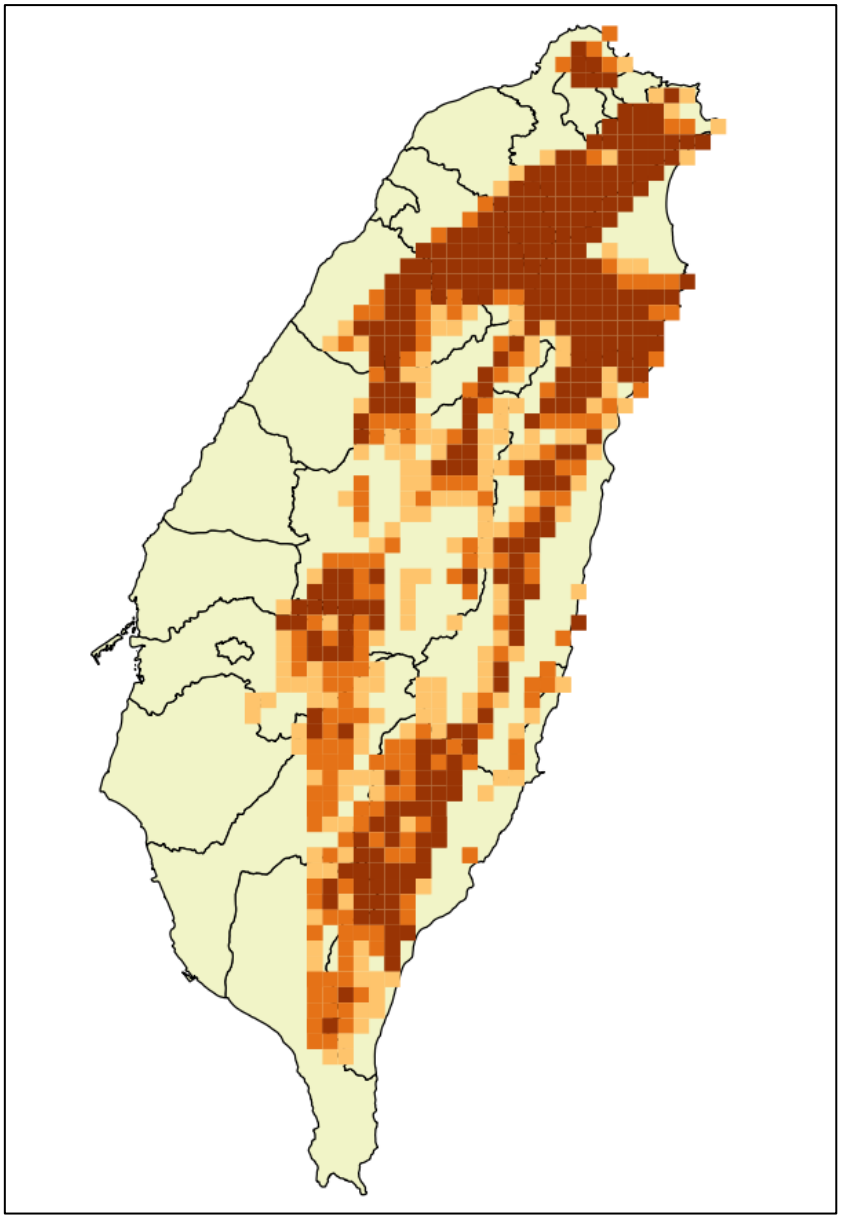


圖 1. 全台各及樣區分布圖

表 2. 各縣市各分級樣區數量統計表

行政區	第一級 （Lv 1）	第二級 （Lv 2）	第三級 （Lv 3）	總計
台南市	0	0	4	4
高雄市	2	10	2	14
屏東縣	2	4	4	10
台東縣	13	8	11	32
總計	**17**	**22**	**21**	**60**

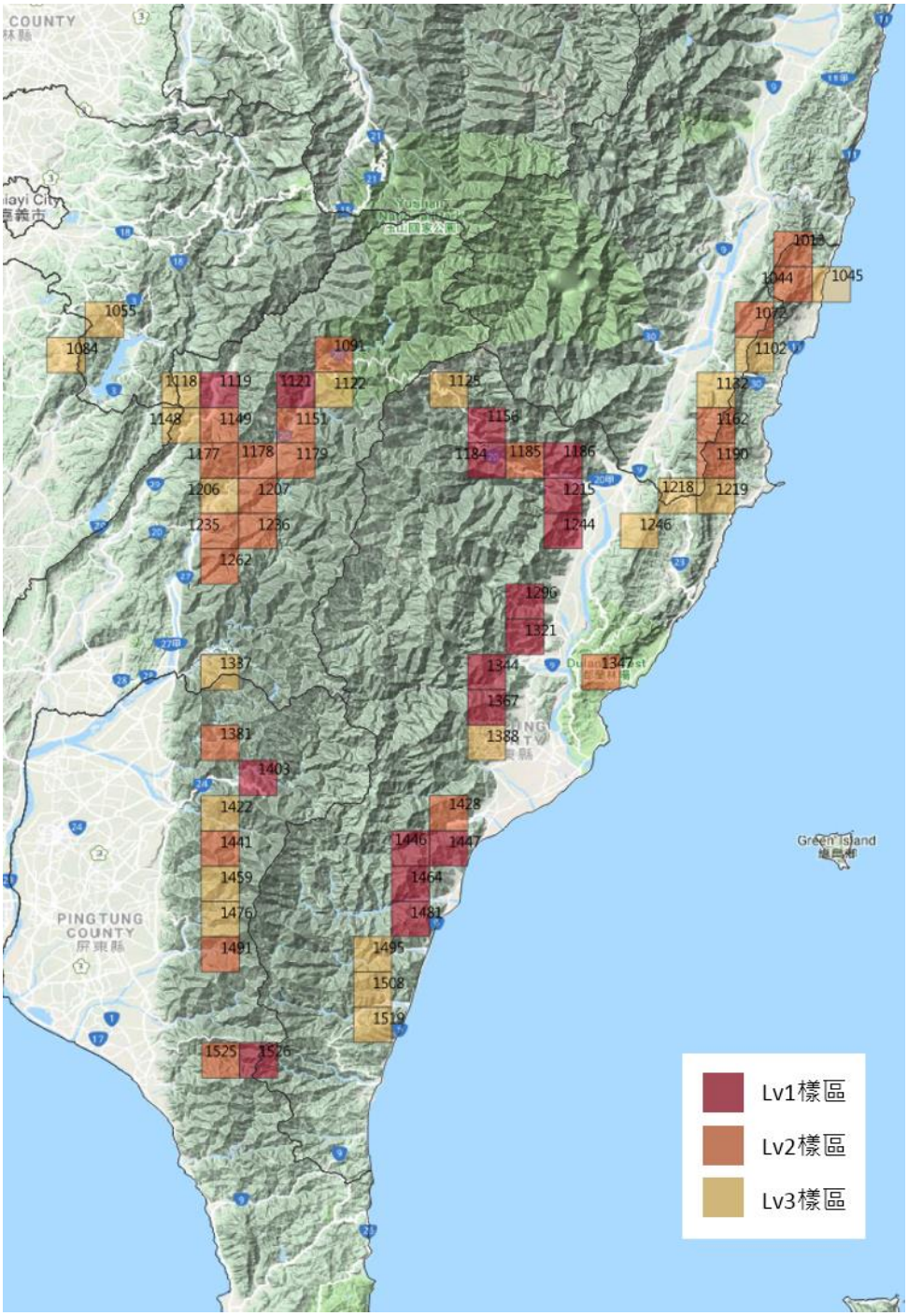


圖 2. 107 年度熊鷹調查樣區分布

每個樣區內設一調查點，調查點之選擇參考（Poirazidis, 2017）之方式，需要符合以下條件 1. 具有廣闊（大於 180 度）的視野，要避免被地形或植物阻擋視線。2. 從最鄰近道路系統到達此觀察點的步行時間不超過半小時，以增加調查效率。

在執行正式調查前 2 至 3 個月進行現勘，發現適合的調查地點後記錄其經緯度座標，60 個調查點的資訊如下表 3。

表 3. 107 年 60 個樣區之編號、預測值、所屬縣市、分級及調查點座標

樣區編號	預測值	行政區	等級	地名	經度	緯度
1013	0.483145	臺東縣	Lv 2	南溪部落聯絡道路		
1044	0.485345	臺東縣	Lv 2	東 10 鄉道（小嘉義）		
1045	0.445232	臺東縣	Lv 3	大俱來		
1055	0.47233	臺南市 [1]	Lv 3	南寮		
1072	0.501466	臺東縣 [2]	Lv 2	赤柯山竹林		
1084	0.414102	臺南市	Lv 3	崁頂福安宮		
1091	0.544576	高雄市	Lv 2	梅山吊橋		
1102	0.47001	臺東縣	Lv 3	咬人狗湖		
1118	0.418853	臺南市	Lv 3	表湖		
1119	0.645031	高雄市	Lv 1	民權國小		
1121	0.567092	高雄市	Lv 1	亞知巴		
1122	0.469244	高雄市	Lv 3	梅山青年活動中心		
1125	0.456792	臺東縣	Lv 3	向陽遊客中心		
1132	0.427516	臺東縣 [3]	Lv 3	阿眉溪鄉道		
1148	0.476817	臺南市	Lv 3	錫安山路口		
1149	0.481653	高雄市	Lv 2	南沙魯橋		
1151	0.496029	高雄市	Lv 2	復興		
1156	0.60059	臺東縣	Lv 1	摩天		
1162	0.492397	臺東縣 [4]	Lv 2	六十石山		
1177	0.480938	高雄市	Lv 2	高中林道 2k		
1178	0.513586	高雄市	Lv 2	桃源一橋		
1179	0.482509	高雄市	Lv 2	撒拉阿烏橋		
1184	0.597435	臺東縣	Lv 1	霧鹿砲台		
1185	0.540603	臺東縣	Lv 2	嘉寶		
1186	0.601962	臺東縣	Lv 1	新武		
1190	0.504931	臺東縣	Lv 2	武聖宮		
1206	0.439139	高雄市	Lv 3	寶來一橋		
1207	0.495162	高雄市	Lv 2	寶來檢查所		
1215	0.671878	臺東縣	Lv 1	初來		
1218	0.432751	臺東縣 [5]	Lv 3	台 23		
1219	0.463403	臺東縣	Lv 3	麒麟路		
1235	0.544436	高雄市	Lv 2	寶山假日市集		
1236	0.541625	高雄市	Lv 2	寶山巷 18K		
1244	0.611107	臺東縣	Lv 1	中石		

點位資料不公開

1246	0.434961	臺東縣	Lv 3	山棕寮
1262	0.533694	高雄市	Lv 2	寶山巷 7K
1296	0.647427	臺東縣	Lv 1	武陵吊橋
1321	0.563306	臺東縣	Lv 1	永安淨水廠
1337	0.438043	屏東縣[6]	Lv 3	多納溫泉
1344	0.614556	臺東縣	Lv 1	上里橋
1347	0.480263	臺東縣	Lv 2	五線產業道路
1367	0.558703	臺東縣	Lv 1	斑鳩福德正神
1381	0.521246	屏東縣	Lv 2	德文
1388	0.445336	臺東縣	Lv 3	長尾尖櫧採種園
1403	0.601413	屏東縣	Lv 1	台 24 通車終點
1422	0.427657	屏東縣	Lv 3	白露
1428	0.481463	臺東縣	Lv 2	知本清覺寺
1441	0.533256	屏東縣	Lv 2	瑪家
1446	0.681201	臺東縣	Lv 1	雙乳峰千禧亭
1447	0.623639	臺東縣	Lv 1	樂山
1459	0.462619	屏東縣	Lv 3	良武巷
1464	0.611864	臺東縣	Lv 1	福晉宮
1476	0.448451	屏東縣	Lv 3	南太武山莊
1481	0.577738	臺東縣	Lv 1	富山產業道路
1491	0.518424	屏東縣	Lv 2	來義內社
1495	0.456979	臺東縣	Lv 3	吧拉奧橋
1508	0.455611	臺東縣	Lv 3	台坂橋
1519	0.411357	臺東縣	Lv 3	土坂吊橋
1525	0.507799	屏東縣	Lv 2	大漢林道
1526	0.562235	屏東縣	Lv 1	浸水營古道

點位資料不公開

[1] 1055 樣區在分類上屬台南市，但包含蓋台南市及嘉義縣兩行政區，實際調查點位於嘉義縣中埔鄉。

[2] 1072 樣區在分類上屬台東縣，但包含蓋台東縣及花蓮縣兩行政區，實際調查點位於花蓮縣玉里鎮。

[3] 1132 樣區在分類上屬台東縣，但包含蓋台東縣及花蓮縣兩行政區，實際調查點位於花蓮縣富里鄉。

[4] 1162 樣區在分類上屬台東縣，但包含蓋台東縣及花蓮縣兩行政區，實際調查點位於花蓮縣富里鄉。

[5] 1218 樣區在分類上屬台東縣，但包含蓋台東縣及花蓮縣兩行政區，實際調查點位於花蓮縣富里鄉。

[6] 1337 樣區在分類上屬屏東縣，但包含蓋屏東縣及高雄市兩行政區，實際調查點位於高雄市茂林區。

（四）、野外調查

猛禽在求偶及建立領域時較易被目擊（Fuller and Mosher, 1987），熊鷹的求偶行為包含波浪狀飛行、對爪或雌雄共盤等等（蕭，2001）。此現象最頻繁的月份為 11 月至翌年 1 月（何，2006），台灣南部最早在 9 月就有機會觀察到此類行

為（黃永坤，私人通訊），因此本調查工作選擇於 10 月至 11 月進行。每個調查點全季共調查三次，每次分別在三個日期區間執行：第一次調查：10 月 01 日至 10 月 20 日，第二次調查：10 月 21 日至 11 月 10 日，第三次調查：11 月 11 日至 11 月 30 日。若因天候因素無法在指定日期區間內進行調查，則可延期執行（最多 10 日），而同一樣區兩次調查需間隔 7 日以上。

調查採定點計數法，每次調查時間為 60 分鐘，由於熊鷹在一天較活躍的時間為上午 9 時至 12 時（王，2004）以及下午 1 時至 3 時（孫，2007），為了比較時段上的差異，將調查時間分為三個時段：A 時段為上午 9 時至 11 時，B 時段為上午 11 時至下午 1 時，C 時段為下午 1 時至下午 3 時，同一調查點三次調查需選擇不同時段，由於考量實際執行與交通所需時間，因此規定每次調查須至少有 30 分鐘在指定時段內進行。

調查時所有發現的猛禽均須紀錄，項目包含時間、物種名、數量、發現方位角、觀察點與猛禽投影點之距離（分為 3 級，A：小於 200 公尺、B：200 至 800 公尺、C：超過 800 公尺以上），猛禽之性別與成幼可輔影像紀錄判斷，若無法判別至種則可記錄至屬或目。由於曾有黑喉噪眉（*Ianthocincla chinensis*）、小卷尾（*Dicrurus aeneus*）及松鴉（*Garrulus glandarius*）模仿猛禽的叫聲的紀錄，因此本調查只記錄目視個體。

（五）、資料分析

將野外調查所收集之熊鷹出現資料（1/0）以 Program PRESENCE（Hines, 2006）進行分析。此軟體將同個樣區目標物種出現的頻度及時間、空間上的分布狀況估算物種之偵測率，並利用偵測率校正原始占據率而獲得修正後占據率。本年度調查將採用單季節分析（single-season analysis）將熊鷹分布資料套疊土地利用圖層，探討棲地因子對熊鷹占據率之影響，以及調查時段是否影響偵測率。

棲地因子資料取自 107 年第三次國土利用調查，計算 5x5 公里網格內之土地利用比例。土地利用分為交通利用土地、公共利用土地、其它利用土地、建築利用土地、森林利用土地、水利利用土地、礦岩利用土地、農業利用土地、遊憩利用土地，共 9 類。根據前人研究（林，2006；孫，2007；何，2007）熊鷹主要分布在較低的人為干擾、自然度高、植被生長良好的闊葉林或針闊葉混和林，而熊鷹未成鳥則偶爾會出現在開發程度較高的低海拔次生林或果園（蘇及王，2004）。因此在棲地利用上我們將森林利用土地細分為混淆林（MIX）、針葉林（CO）、闊葉林（BL），並將這些因子做為影響熊鷹占據率之假說，而根據前人研究我們假設時段（T）並不影響熊鷹之偵測率。將這些因子建構出一系列模型組，藉由邏輯回歸（Logistic regression）進行分析，並利用赤池信量準則（Akaike information criterion, AIC）從模型組中選擇最佳模型（組），找出影響熊鷹占據率與偵測率的因子，最佳模型為 AIC 值最小者，可參考模型則為△AIC 小於 2 者。

三、結果與討論

（一）熊鷹分布預測建立

將 222 筆資料加上 22 項環境因子與熊鷹分布點位匯入 MaxEnt，刪除貢獻度低的環境因子後，再進行下一次模型建構，直到沒有貢獻度低的環境因子為止，經過 4 次環境因子的篩選，最後保留「建物與人工鋪面」、「年均溫」、「平均海拔」、「地形變化」等與熊鷹紀錄相關性較高的的環境因子（表 4）。

所得之台灣熊鷹分布預測如圖 3，此模式的 AUC 值為 0.808，表示預測模式的可信度高。由結果可發現台灣各大山系均有熊鷹的合適棲地，其中橫跨新北市、桃園市、新竹縣及宜蘭縣之雪山山脈北段、宜蘭縣的南澳及太平山、台中市的中橫宜蘭支線沿線及大雪山、嘉義縣阿里山山脈、花蓮縣萬榮鄉及豐濱鄉、高雄市及台東縣的南橫沿線、屏東縣的霧台鄉及三地門鄉有較多的熱點，而台灣北部的大屯火山群雖然就分布預測結果來說也有零星熱點，但是目前熊鷹分布資料並無出現在大屯山系的記錄，因此僅能解釋為大屯火山群應有適合熊鷹的棲地，但實際分布狀況還須進行更多調查。

表 4. 環境因子貢獻度

Variable	Percent contribution	Permutation importance
elesd_97	46.9	17.4
ele_97	9.8	10.4
bd_97	7.1	12.1
bio17_97	5.3	8.1
oc_97	5.2	4.1
pop_97	5.1	4.2
bio16_97	4.8	3.7
ff_97	3.6	5.5
bio4_97	2.7	5.3
bio1_97	2.4	19.3
fo_97	2.3	3.3
wb_97	1.4	1.6
bio15_97	1.2	1.4
bu_97	1.1	0.8
md_97	1.1	2.5

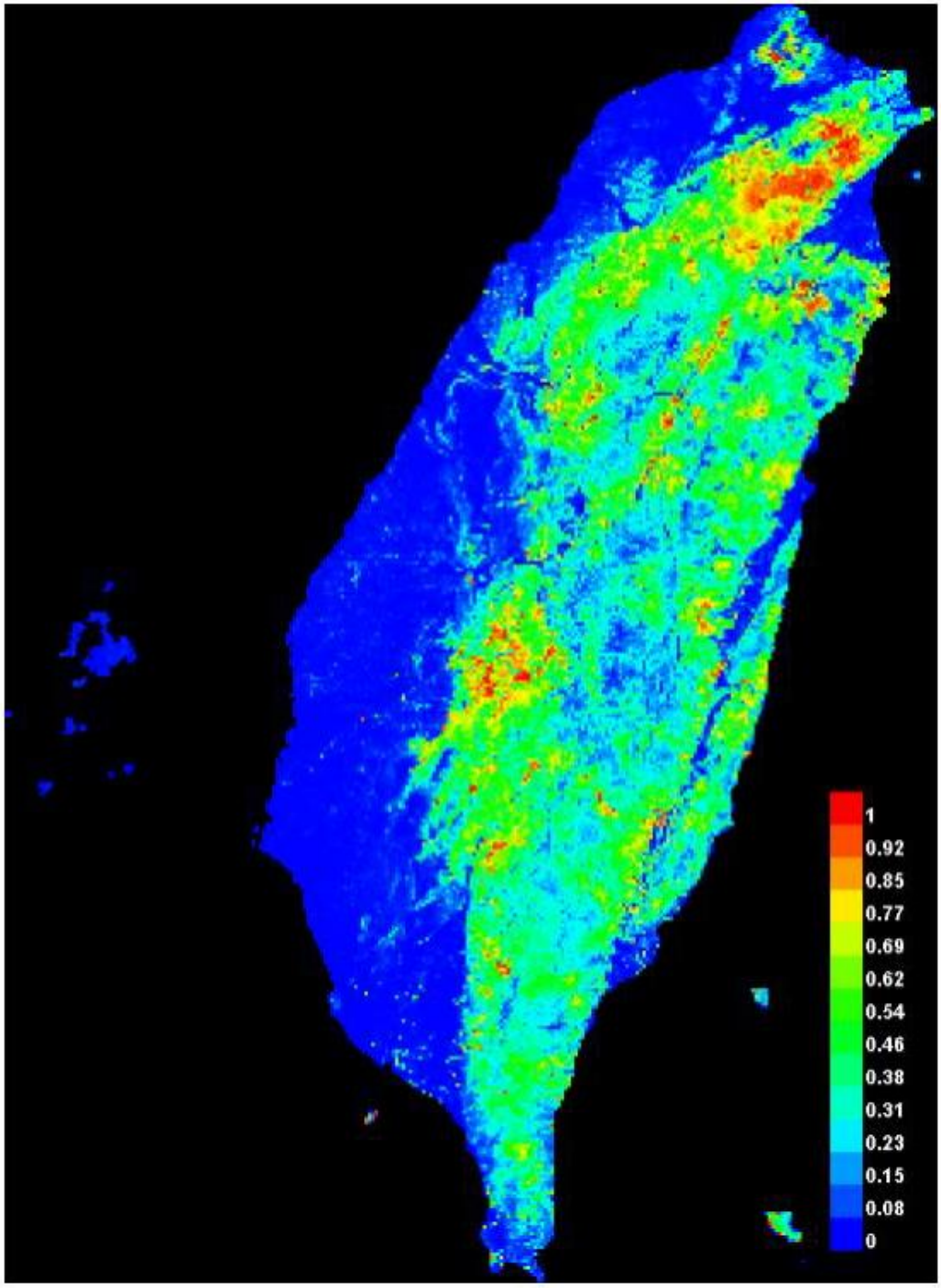


圖 3. 熊鷹分布機率圖

（二）熊鷹分布調查

2018 年在 18 樣區內記錄到 25 筆共 29 隻次熊鷹，樣區分別為高雄市桃源區的「民權國小」(1119)、「梅山青年活動中心」(1122)、「小關山林道 7K」(1207)、高雄市茂林區的「多納溫泉」1337、屏東縣三地門鄉的「德文」(1381)、花蓮縣玉里鎮的「赤柯山竹林」(1072)、台東縣海端鄉的「向陽遊客中心」(1125)、「摩天」(1156)、「新武」(1186)、「中石」(1244)、「台 23」(1218) 台東縣池上鄉的「山棕寮」(1246)、台東縣延平鄉的「武陵吊橋」(1296)、「永安淨水廠」(1321)、

「上里橋」(1344)、台東縣卑南鄉的「知本清覺寺」(1428)、台東縣太麻里鄉的「富山產業道路」(1481)、台東縣金峰鄉的「吧拉奧橋」(1495)，其中屬第一級樣區的有 1119、1156、1186、1244、1296、1321、1344、1481，第二級的樣區有 1207、1381、1072、1428，第三級樣區有 1122、1337、1125、1218、1246、1495，唯一有在兩個以上旅次調查到熊鷹的樣區為 1296，此樣區共 5 筆記錄也是所有樣區最多的（表 5)。

三個調查時段中 A、B 兩時段各有 10 筆紀錄，C 時段則有 5 筆，調查同時最大量有 2 隻，出現在 1207、1072、1125、1156 等四個樣區。人鳥水平距離在 200 公尺以內僅 5 筆紀錄（占 20%)，200 至 800 公尺有 7 筆（占 28%)，800 公尺以外則有 13 筆（占 52%)。由於受限於距離及觀察條件（如天候狀況)，因此能分辨年齡的個體筆數僅占 16%，其中包含成鳥 2 筆共 2 隻次，未成鳥 2 筆 3 隻次，此外在調查期間並未發現有波浪飛行、驅趕等領域行為（表 6)。

統整有熊鷹出現樣區之棲地類型資料，以森林利用土地的比例最高，平均占 84.66±8.55 %，此結果與何錦尚（2007）在台東地區的研究結果相符（表 7)。若將森林利用土地細分為混淆林、針葉林、闊葉林、竹林，則平均百分比以混淆林最高，占 57.11±22.53%，其次為闊葉林比例，占 19.94±18.9%（表 8)。

表 5. 107 年熊鷹調查樣區筆數（隻次）紀錄

樣區編號	分級	第一次調查	第二次調查	第三次調查
1072	2	1（2）	0	0
1119	1	1（1）	0	0
1122	3	0	1（1）	0
1125	3	0	1（2）	0
1156	1	0	1（2）	0
1186	1	1（1）	0	0
1207	2	2（3）	0	0
1218	3	0	2（2）	0
1244	1	0	1（1）	0
1246	3	1（1）	0	0
1296	1	3（3）	0	2（2）
1321	1	1（1）	0	0
1337	3	0	0	1（1）
1344	1	0	0	1（1）
1381	2	0	0	2（1）
1428	2	0	0	1（1）
1481	1	0	1（1）	0
1495	3	0	1（1）	0

表 6. 107 年熊鷹調查之熊鷹各筆記錄

日期	樣區編號	調查旅次	開始時間	調查時段	紀錄時間	數量	年齡	距離分級	備註
10/3	1246	1	1035	B	1039	1		C	
10/4	1296	1	0835	A	0851	1		C	
10/4	1296	1	0835	A	0910	1		C	
10/4	1296	1	0835	A	0911	1		C	
10/4	1072	1	0940	A	1003	2		A	
10/4	1321	1	1030	B	1058	1		C	
10/11	1119	1	1045	B	1145	1		C	
10/13	1207	1	0930	A	1030	2	Juv.	B	
10/13	1207	1	0930	A	1030	1	Ad.	B	
10/13	1186	1	1230	B	1235	1		B	
10/25	1218	2	1315	C	1315	1		C	
10/25	1218	2	1315	C	1315	1		C	
10/27	1481	2	0920	A	1010	1	Ad.	A	
10/27	1244	2	1230	C	1310	1		B	
10/28	1122	2	1300	C	1301	1		C	帶獵物
11/3	1495	2	1100	B	1105	1		C	
11/7	1125	2	0900	A	0943	2		B	
11/7	1156	2	1050	B	1130	2		C	
11/12	1296	3	1055	B	1113	1		C	
11/12	1296	3	1055	B	1117	1		C	

11/14	1344	3	0840	A	0918	1		A	由 270 度往 70 度滑行
11/24	1381	3	1120	B	1128	1		B	
11/24	1381	3	1140	B	1159	1		A	
11/25	1337	3	1030	A	1040	1		B	
12/2	1428	3	1400	C	1453	1	Juv.	A	

表 7. 107 年有熊鷹記錄樣區之土地利用百分比

樣區編號	交通利用土地	公共利用土地	其它利用土地	建築利用土地	森林利用土地	水利利用土地	礦岩利用土地	農業利用土地	遊憩利用土地
1072	0.32	0.00	7.71	0.11	82.12	2.20	0.00	7.55	0.00
1119	1.51	0.15	1.27	0.60	75.65	2.99	0.00	17.72	0.11
1122	0.26	0.00	2.15	0.14	96.06	0.81	0.00	0.58	0.00
1125	0.00	0.00	24.96	2.23	71.54	1.26	0.00	0.00	0.00
1156	0.48	0.07	31.87	0.26	61.04	1.49	0.00	4.77	0.01
1186	0.20	0.00	12.58	0.05	80.58	4.46	0.00	2.13	0.00
1207	0.46	0.00	2.03	0.16	85.04	1.65	0.00	9.00	1.66
1218	0.21	0.00	4.72	0.06	85.90	1.09	0.00	8.02	0.00
1244	1.94	0.75	1.84	2.23	81.66	1.23	0.00	10.15	0.21
1246	0.73	0.00	1.66	0.49	85.08	0.94	0.00	11.09	0.01
1296	0.50	0.09	1.04	0.31	91.81	1.59	0.00	4.65	0.01
1321	1.06	0.06	0.34	0.81	88.09	1.00	0.00	8.49	0.16
1337	0.31	0.00	0.49	0.04	95.24	2.27	0.00	1.65	0.01

1344	0.72	0.06	1.75	0.22	87.28	2.57	0.00	7.24	0.15
1381	0.85	0.03	0.46	0.33	93.04	1.08	0.00	4.21	0.00
1428	0.96	0.01	0.78	1.12	89.50	2.22	0.00	4.74	0.67
1481	0.98	0.01	2.14	0.10	81.91	1.16	0.00	13.71	0.00
1495	0.39	0.00	1.61	0.01	92.40	1.48	0.00	4.12	0.00
平均百分比	**0.66**	**0.07**	**5.52**	**0.51**	**84.66**	**1.75**	**0.00**	**6.66**	**0.17**

表 8. 107 年有熊鷹記錄樣區之森林利用土地各細項百分比

樣區編號	混淆林	針葉林	闊葉林	竹林	森林利用土地
1072	66.13	2.91	10.60	2.33	82.12
1119	73.71	0.00	1.56	0.30	75.65
1122	22.02	23.47	48.26	2.31	96.06
1125	49.40	19.86	2.28	0.00	71.54
1156	57.93	2.87	0.00	0.00	61.04
1186	34.11	21.44	24.54	0.49	80.58
1207	78.82	4.59	0.70	0.80	85.04
1218	77.03	0.00	7.95	0.74	85.90
1244	24.66	1.52	48.14	7.34	81.66
1246	54.37	0.00	26.50	3.63	85.08
1296	70.88	3.85	14.79	1.84	91.81
1321	32.36	6.97	33.94	14.81	88.09
1337	89.37	1.19	4.44	0.20	95.24
1344	58.23	10.01	18.49	0.41	87.28
1381	91.90	0.00	1.01	0.00	93.04
1428	41.82	0.54	47.06	0.07	89.50
1481	23.46	0.00	58.30	0.01	81.91
1495	81.76	0.00	10.34	0.00	92.40
平均百分比	**57.11**	**5.51**	**19.94**	**1.96**	**84.66**

（三）其他猛禽分布調查

在 180 旅次調查中，總共有 644 筆猛禽記錄，60 個樣區中僅 1 位於台東縣太麻里的「雙乳峰千禧亭樣區」（1446）因地形及位置關係易起霧所以沒有記錄到猛禽，記錄筆數最多的是位於台南市、嘉義縣、高雄市交界（樣區分類屬台南市）的「表湖」樣區（1118），共 32 筆記錄，分析原因是因為 10 月 11 日進行第一旅次調查時適逢灰面鵟鷹過經高峰，因此有 11 筆為灰面鵟鷹（*Butastur indicus*）及 1 筆赤腹鷹（*Accipiter soloensis*）過境記錄，也是過境猛禽記錄最多的樣區。表列出熊鷹及四種常與熊鷹共域盤旋的森林性猛禽在各樣區記錄的筆數，東方蜂鷹（*Pernis ptilorhynchus*）記錄最多的是屏東三地門鄉的「德文」（1381）樣區，大冠鷲記錄最多的是高雄市桃源區的「桃源一橋」（1178）及「撒拉阿烏橋」（1179）樣區，林鵰記錄最多的是高雄市桃源區的「梅山吊橋」（1091）樣區，鳳頭蒼鷹記錄最多的為台東縣延平鄉的「永安淨水廠」（1321）樣區（表 9）。

本調查總共記錄 14 種猛禽，大冠鷲在 57 個樣區曾有記錄，占所有樣區 95%，是出現樣區最多的猛禽，其次為林鵰的 39 樣區（65%）及東方蜂鷹的 31 樣區

（51.67%）。若以記錄筆數排序則依序為大冠鷲 282 筆、林鵰 84 筆、東方蜂鷹 72 筆及鳳頭蒼鷹（*Accipiter trivirgatus*）69 筆。調查數量最多的為灰面鵟鷹 1220 隻次，主要是因為 10 月份為灰面鵟鷹主要過境期，因此在 16 個樣區都有灰面鵟鷹過境記錄，而單筆最大量為 204 隻，數量排名依序為為大冠鷲 369 隻次及林鵰 90 隻次。整體而言，大冠鷲在出現樣區數、記錄筆數及記錄隻次均為所有留鳥猛禽最高者，此結果與過去採用固定努力量的定點調查結果相符（洪，2009），另外值得注意的是以往記錄較少，但近年開始出現在淺山環境的林鵰在各項數值上均僅次於大冠鷲，顯示在合適的環境林鵰並不少見，但是否代表林鵰族群量有增加則須持續觀察與研究（表 10）。

表 9. 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數

樣區編號	東方蜂鷹	大冠鷲	熊鷹	林鵰	鳳頭蒼鷹	總猛禽記錄筆數
1091	2	5	0	7	3	19
1119	5	7	1	6	2	27
1121	2	10	0	1	3	19
1122	3	6	1	6	1	17
1149	5	4	0	1	0	12
1151	1	5	0	4	5	16
1177	0	3	0	0	0	4
1178	1	15	0	1	4	23
1179	2	15	0	6	5	30
1206	0	5	0	0	0	5
1207	0	4	2	0	0	9
1235	0	2	0	3	0	5
1236	5	1	0	0	1	10
1262	3	9	0	1	1	15
1337	1	7	1	2	5	25
1381	7	4	2	1	3	19
1403	0	2	0	0	0	11
1422	2	2	0	0	0	9
1441	0	3	0	1	0	8
1459	0	3	0	3	0	7
1476	0	2	0	0	0	3
1491	0	3	0	0	0	3
1525	1	3	0	0	1	6
1526	0	0	0	0	1	1
1013	0	1	0	1	0	2

1044	0	2	0	1	0	3
1045	0	5	0	1	4	14
1072	1	6	1	2	1	13
1102	0	3	0	0	0	3
1125	0	0	1	0	0	1
1156	0	6	1	1	0	8
1132	0	2	0	1	0	4
1162	1	2	0	0	0	3
1184	0	3	0	3	0	6
1185	0	1	0	0	0	1
1186	0	4	1	2	0	9
1190	0	5	0	1	0	8
1219	0	2	0	1	1	4
1215	0	4	0	1	2	7
1244	1	4	1	1	0	7
1218	2	3	2	2	0	10
1246	1	1	1	3	0	6
1296	2	5	5	0	3	15
1321	2	14	1	3	7	28
1344	0	6	1	1	1	11
1347	3	6	0	0	0	12
1367	0	4	0	2	1	8
1388	1	6	0	1	2	10
1428	1	6	1	0	2	10
1447	0	4	0	0	1	10
1446	0	0	0	0	0	0
1464	0	2	0	1	0	5
1481	2	7	1	3	1	14
1495	0	5	1	1	0	9
1508	3	3	0	2	0	8
1519	4	10	0	0	0	14
1055	4	5	0	0	1	14
1084	2	10	0	2	3	20
1118	1	13	0	3	1	32
1148	1	2	0	1	3	12
總計	72	282	25	84	69	644

表 10. 本調查有記錄之猛禽出現樣區數、記錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。

物種	出現樣區數	記錄筆數	記錄隻次	單筆最大量
魚鷹	2	2	2	1
東方蜂鷹	31	72	89	3
大冠鷲	57	282	369	5
熊鷹	18	25	29	2
林鵰	39	84	90	3
灰面鵟鷹	16	38	1220	204
鳳頭蒼鷹	29	69	83	3
赤腹鷹	5	6	10	4
松雀鷹	12	13	13	1
北雀鷹	1	1	1	1
黑鳶	9	30	55	5
紅隼	5	6	6	1
燕隼	1	1	2	2
遊隼	3	3	3	1
雀鷹屬猛禽	7	9	9	1
鷹形目猛禽	3	3	6	3

（四）占據模型分析結果

本年度所調查之結果採用單季節分析，熊鷹的原始占據率（Naïve Occupancy）為 0.3，偵測率為 0.106 ± 0.023，而占據率經過修正後則為 1，但是此值顯然不合常理，當占據率或偵測率過低時可能會造成分析錯誤率上升，而對稀有物種來說原始占據率 0.3 在合理的範圍內，因此推測占據率修正出現錯誤應是偵測率過低造成。Program PERSENCE 預設值為 Significant Digits 小於 7 就會出現錯誤警告，檢視納入分析的模型組中，出現錯誤警告的比例偏高，此 8 個模型組 Significant Digits 大於 7 的僅有一組，表示此分析的參考價值不高。經過 AIC 篩選，最佳模型為 psi(BL),(.)，表示對占據率最有影響的因子為闊葉林所佔比例，由於修正後占據率可信度低無法參考，因此無法詳細了解闊葉林所佔比例與占據率之關係，而影響偵測率的因子則無（表 11）。

偵測率偏低的原因，推測主要為 C 時段（13 時至 15 時）易受天氣影響所導致，孫（2007）在進行無線電追蹤時也提到雖然熊鷹在午後 1 至 2 小時或入夜前 1-2 小時也有機會頻繁活動，但因下午山區容易起霧，因此會影響熊鷹被目擊的機率。比較本調查三個時段的猛禽記錄筆數，在相同努力量下，C 時段的筆數分別只有 A 時段及 B 時段的 48.4%及 65.1%，而 A 時段及 B 時段熊鷹記錄筆數均為 10 筆，在 C 時段僅 5 筆，另外在無猛禽記錄旅的次數上，C 時段有 15 旅次，占所有 C 時段調查旅次的 25%，A 時段及 B 時段分別為 5 次及 9 次，顯示在 C 時段以目視進行猛禽定點調查可能並不適合，而造成此結果的原因很可能是天氣

狀態所造成（表 12）。

初步結果顯示熊鷹的原始占據率不低但偵測率極低，目前 60 樣區、每樣區 3 旅次在調查人力、時間安排尚為可負擔範圍，而前人研究也指出對特定物種來說，減少樣區數容易造成變異數增加及分析錯誤導致資料無法使用（蔡，2017），且調查時間若再縮短則會造成數據評估上的嚴謹度不足（Skipper et.al., 2017），因此未來調查方法修正上，會以維持或不大幅增加努力量但提高偵測率的方向改良（如將下午時段之旅次移至上午時段），以符合物種特性及成本考量而達到監測目的。

表 11. 107 年熊鷹占據率與偵測率可參考模型組

Model	AIC	ΔAIC	AIC wgt	Model Likelihood	Significant digits
psi(BL[1]),p(.)	123.86	0	0.3269	1	3.2
psi(BL),p(T[2])	125.05	1.19	0.1803	0.5516	1.6
psi(.),p(.)	125.36	1.5	0.1544	0.4724	5.9
psi(.),p(T)	126.57	2.71	0.0843	0.2579	2.6
psi(BD[3]),p(.)	126.69	2.83	0.0794	0.2429	4.0
psi(MIX[4]),p(.)	127.22	3.36	0.0609	0.1864	9.4
psi(FO[5]),p(.)	127.36	3.5	0.0568	0.1738	0.3
psi(CO[6]),p(.)	127.36	3.5	0.0568	0.1738	3.1

[1] BL：闊葉林所佔比例

[2] T：調查時段

[3] BD：建物利用土地所佔比例

[4] MIX：混淆林所佔比例

[5] FO：森林利用土地（BL+MIX+CO）所佔比例

[6] CO：針葉林所佔比例

表 12. 107 年各時段所調查到之猛禽筆數、熊鷹筆數及無猛禽記錄旅次數

時段	猛禽紀錄筆數	熊鷹紀錄筆數	無猛禽記錄旅次數
A	289	10	5
B	215	10	9
C	140	5	15

四、結論與建議

1. 本年度共於 18 樣區記錄 25 筆熊鷹，總共 29 隻次，由於人鳥距離較遠，因此只有 16%的記錄可以分辨成幼，其中台東縣是四縣市中記錄筆數最多的行政區。
2. 調查結果經分析後，熊鷹的原始占據率為 0.3，偵測率為 0.106 ± 0.023，顯示熊鷹的原始占據率高但偵測率極低，且因偵測率過低導致分析出現錯誤警告次數偏多，修正後占據率的數值可信度不高而不予採用。
3. 本年度結果顯示樣區內闊葉林所占比例是影響占據率最主要的因子，但分息結果出現錯誤警告因此無法詳細了解闊葉林所佔比例與占據率之關係，而調查時段並不影響熊鷹的偵測率。
4. 同時調查到的留棲性猛禽中，記錄筆數及隻次數最多的是大冠鷲，有 282 筆共 369 隻次。其次是林鵰的 84 筆、90 隻次。林鵰是近年記錄筆數大幅增加的日猛禽，但是否族群量有顯著增加則需進一步研究。
5. 在各時段中 A 時段（0900-1100）記錄到的猛禽筆數最多，共計 289 筆，B 時段（1100-1300）及 C 時段（1300-1500）分別記錄 215 筆及 140 筆。C 時段因下午山區容易起霧，因此會影響猛禽被目擊的機率，無猛禽紀錄的旅次數為 15 次是三時段中最高。
6. 考量目標物種之特性，減少樣區數或調查時間都會造成資料分系上的問題，因此在監測方式修正上會以維持或不大幅增加努力量但提高偵測率的方向改良，以符合監測目的。

五、參考文獻

王克孝，2004。台東縣熊鷹（熊鷹）分布調查計畫。行政院農委會保育研究系列第 93~18 號。

何錦尚，2006。以地理資訊系統探討台東縣熊鷹之空間分布。屏東科技大學森林系碩士論文。85 頁。

何錦尚，2007。台東縣赫氏角鷹生態行為、棲地環境與族群分布研究計畫。林務局保育研究系列第 95-14 號。

何錦尚、王克孝、方敏慎、蔡偉勛，2007。台東縣熊鷹分布調查 2005 年度報告。台灣猛禽研究 7:29-41。

林文宏，2006。猛禽觀察圖鑑。遠流出版事業股份有限公司，台北。215 頁。

洪煜鈞，2009。台灣南部大型猛禽棲地利用及棲地適合度分布預測。屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。

孫元勳，2007。南、北大武山地區赫氏角鷹族群監測與獵捕壓力。行政院農委會保育研究系列第 95-02 號。94 頁。

孫元勳、黃永坤、洪孝宇、蔡偉勛，2014。高屏、台東地區熊鷹生態與非法獵捕狀況。2014 熊鷹保育論壇摘要集。

許皓捷，2016。台灣環境因子 GIS 資料庫 2016 年版。台南，台灣。

蕭慶亮，2001。台灣賞鷹圖鑑。晨星出版有限公司，276 頁。

蘇俊榮、王克孝，2005。台東縣熊鷹分布調查 2004 年度報告。台灣猛禽研究 4:1-8。

Bailey, L. L., T. R. Simons, and K. H. Pollock. 2004. Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. Ecological Applications 14:692-702.

Bailey, L.L., J.E. Hines, J.D. Nichols, and D.I. MacKenzie. 2007. Sampling design trade-offs in occupancy studies with imperfect detection: examples and software. Ecological Applications 17, 281-290.

Carlson, J.E., D.D. Piirto, J.J. Keane, and S.J. Gill. 2015. Estimating Site Occupancy and Detection Probabilities for Cooper's and Sharp-Shinned Hawks in the Southern Sierra Nevada. Journal of Raptor Research, 49(4):450-458

Clements, J. F., T. S. Schulenberg, M. J. Iliff, D. Roberson, T. A. Fredericks, B. L. Sullivan, and C. L. Wood. 2018. The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2018. Downloaded from http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/

Durso, A.M., J.D. Willson, and C.T. Winne. 2011. Needles in haystacks: Estimating detection probability and occupancy of rare and cryptic snakes. Biological Conservation 144, 1508-1515.

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, 38-49.
Fuller, M. R. and J. A. Mosher. 1987. Raptor survey techniques. In: Giron Pendleton, B. A., B. A. Millsap, K. W. Chine and D. M. Bird （eds.）. Raptor Management Techniques Manual. pp. 37-65. Natl. Wildl. Fed., Washington, D. C, USA.
Goldsmith, F. B. 2012. Monitoring for conservation and ecology. Springer, New York, USA.
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.
Hines, J.E., 2006. PRESENCE2-Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC, Laurel, MD.
Kalies, E., B.G. Dickson, C.L. Chambers, and W.W. Covington. 2012. Community occupancy responses of small mammals to restoration treatments in ponderosa pine forests, northern Arizona, USA. Ecological Applications 22, 204-217.
Kery, M., R.M. Dorazio, L. Soldaat, A. Van Strien, A. Zuiderwijk, and J.A. Royle. 2009. Trend estimation in populations with imperfect detection. Journal of Applied Ecology 46, 1163-1172.
Mackenzie, D. I., J. D. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey, and J. E. Hines. 2006. Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press, California, USA.
MacKenzie, D.I. and J.A. Royle. 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. Journal of Applied Ecology 42, 1105-1114.
MacKenzie, D.I., J.D. Nichols, B.L. Gideon, S. Droege, J.A. Royle, and C.A. Langtimm. 2002. Estimating Site Occupancy Rates When Detection Probabilities Are Less Than One. Ecology 83, 2248-2255.
MacKenzie, D.I., J.D. Nichols, J.E. Hines, M.G. Knutson, and A.B. Franklin. 2003. Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. Ecology 84, 2200-2207.
MacKenzie, D.I., J.D. Nichols. 2004. Occupancy as a surrogate for abundance estimation. Animal Biodiversity and Conservation 27, 461-467.
Martin, J., W.M. Kitchens, and J.E. Hines. 2007. Importance of Well-Designed Monitoring Programs for the Conservation of Endangered Species: Case Study of the Snail Kite. Conservation Biology 21, 472-481.
Morimoto, S and T. Lida. 1992. Ecology and preservation of Hodgson's hawk-eagles. Strix 11:59-90
Phillips S.J., M. Dudík, and R. E. Schapire. 2018. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/.

Phillips, S.J., R.P. Anderson, and R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190:231-259.

Poirazidis, K. 2017. Systematic Raptor Monitoring as conservation tool: 12 year results in the light of landscape changes in Dadia-Lefkimi-Soufli National Park. Nature Conservation 22: 17-50.

Skipper, B.R., C. W. Boal, J. Tsai, and M. R. Fuller. 2017. Assessment of Frequency and Duration of Point Counts When Surveying for Golden Eagle Presence. Wildlife Society Bulletin 41(2):212–223.

Wintle, B.A., M.C. Runge, and S.A. Bekessy. 2010. Allocating monitoring effort in the face of unknown unknowns. Ecology letters 13, 1325-1337.

六、附錄

附錄 1、各樣區之棲地類型百分比

樣區編號	交通利用土地	公共利用土地	其它利用土地	建築利用土地	森林利用土地	水利利用土地	礦岩利用土地	農業利用土地	遊憩利用土地
1013	0.07	0.03	4.61	0.06	90.17	1.84	0.00	3.22	0.00
1044	0.13	0.00	1.36	0.12	91.76	1.59	0.00	5.04	0.00
1045	2.93	0.06	8.91	1.74	58.52	1.06	0.00	26.51	0.27
1055	0.94	0.00	4.04	0.35	51.48	0.28	0.00	42.90	0.00
1072	0.32	0.00	7.71	0.11	82.12	2.20	0.00	7.55	0.00
1084	2.04	0.02	0.54	1.16	50.57	1.34	0.00	44.33	0.01
1091	0.76	0.00	7.01	0.19	87.90	1.47	0.00	2.68	0.00
1102	0.61	0.00	3.35	0.04	87.77	0.99	0.00	7.24	0.00
1118	0.31	0.00	3.78	0.06	80.33	0.69	0.00	14.82	0.00
1119	1.51	0.15	1.27	0.60	75.65	2.99	0.00	17.72	0.11
1121	0.39	0.00	9.42	0.29	81.89	2.11	0.00	5.90	0.00
1122	0.26	0.00	2.15	0.14	96.06	0.81	0.00	0.58	0.00
1125	0.00	0.00	24.96	2.23	71.54	1.26	0.00	0.00	0.00
1132	0.72	0.00	2.41	0.13	83.73	1.37	0.00	11.60	0.02
1148	0.56	0.00	5.53	5.38	82.04	1.62	0.00	4.87	0.00
1149	0.44	0.04	0.65	0.14	94.20	1.12	0.17	3.21	0.03
1151	0.90	0.12	11.92	0.19	66.41	10.95	0.07	9.38	0.06
1156	0.48	0.07	31.87	0.26	61.04	1.49	0.00	4.77	0.01

1162	0.06	0.00	2.10	0.03	94.92	0.31	0.00	2.59	0.00
1177	0.54	0.00	1.33	0.04	95.49	0.12	0.00	2.47	0.00
1178	0.87	0.07	4.74	0.39	80.41	3.78	0.00	9.68	0.06
1179	0.43	0.01	4.36	0.05	88.09	1.16	0.00	5.91	0.00
1184	0.40	0.06	14.03	0.26	77.16	1.19	0.00	6.90	0.00
1185	0.07	0.00	22.30	0.00	73.16	2.24	0.00	2.22	0.00
1186	0.20	0.00	12.58	0.05	80.58	4.46	0.00	2.13	0.00
1190	0.14	0.00	0.95	0.03	96.37	0.92	0.06	1.53	0.00
1206	1.36	0.33	3.31	2.34	66.96	6.59	0.00	19.09	0.03
1207	0.46	0.00	2.03	0.16	85.04	1.65	0.00	9.00	1.66
1215	0.43	0.03	0.56	0.23	89.82	3.22	0.03	5.68	0.01
1218	0.21	0.00	4.72	0.06	85.90	1.09	0.00	8.02	0.00
1219	0.92	0.01	1.34	0.34	85.90	1.36	0.02	10.10	0.02
1235	0.81	0.03	3.70	1.53	79.50	3.39	0.00	11.03	0.01
1236	0.80	0.00	2.62	0.08	66.11	0.19	0.00	1.95	28.25
1244	1.94	0.75	1.84	2.23	81.66	1.23	0.00	10.15	0.21
1246	0.73	0.00	1.66	0.49	85.08	0.94	0.00	11.09	0.01
1262	0.51	0.00	2.92	0.10	93.92	0.26	0.00	2.29	0.00
1296	0.50	0.09	1.04	0.31	91.81	1.59	0.00	4.65	0.01
1321	1.06	0.06	0.34	0.81	88.09	1.00	0.00	8.49	0.16
1337	0.31	0.00	0.49	0.04	95.24	2.27	0.00	1.65	0.01
1344	0.72	0.06	1.75	0.22	87.28	2.57	0.00	7.24	0.15
1347	1.34	0.00	1.37	0.98	79.51	1.10	0.00	15.62	0.08

1367	0.11	0.00	1.20	0.08	95.54	0.53	0.00	2.53	0.00
1381	0.85	0.03	0.46	0.33	93.04	1.08	0.00	4.21	0.00
1388	1.23	0.25	0.80	1.95	76.67	2.11	0.00	16.82	0.18
1403	1.46	0.11	5.19	0.63	87.11	2.54	0.00	2.68	0.28
1422	0.37	0.05	4.01	0.21	90.28	2.87	0.00	2.21	0.01
1428	0.96	0.01	0.78	1.12	89.50	2.22	0.00	4.74	0.67
1441	0.64	0.01	1.44	0.08	93.24	0.60	0.00	4.00	0.00
1446	1.29	0.00	8.05	0.19	79.79	2.14	0.00	8.53	0.01
1447	3.14	0.00	1.16	0.78	61.04	0.99	0.00	32.86	0.02
1459	0.20	0.00	1.20	0.01	96.50	0.66	0.00	1.44	0.00
1464	1.48	0.21	1.35	0.47	82.19	3.58	0.00	10.70	0.02
1476	0.10	0.00	1.23	0.01	96.11	1.61	0.00	0.82	0.12
1481	0.98	0.01	2.14	0.10	81.91	1.16	0.00	13.71	0.00
1491	0.38	0.05	3.16	0.17	93.53	0.90	0.00	1.78	0.04
1495	0.39	0.00	1.61	0.01	92.40	1.48	0.00	4.12	0.00
1508	0.90	0.05	0.55	0.39	86.53	1.86	0.00	9.70	0.03
1519	0.59	0.08	0.87	0.32	90.64	1.49	0.00	6.00	0.01
1525	0.10	0.00	4.15	0.00	94.55	0.68	0.00	0.50	0.00
1526	0.06	0.00	3.67	0.23	95.58	0.47	0.00	0.00	0.00
平均百分比	**0.72**	**0.05**	**4.44**	**0.52**	**83.62**	**1.78**	**0.01**	**8.32**	**0.54**