109 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（三）

Establishing long-term monitoring system of Mountain Hawk-Eagle (3)

計畫編號：109 林發-9.1-保-17(1)

計畫主持人：林思民

執行單位：台灣猛禽研究會

中華民國 110 年 1 月 31 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）、樣區規劃.....5
（三）、野外調查.....10
（四）、資料分析.....11
（五）、全台熊鷹族群量估算.....12
三、結果與討論.....12
（一）、熊鷹分布調查.....12
（二）、其他猛禽分布調查.....21
（三）、占據模型分析結果.....27
（四）、全台樣區資料彙整.....27
（五）、全台熊鷹族群估算.....32
四、結論.....35
五、建立全台熊鷹監測系統之建議.....35
六、參考文獻.....37
七、附錄.....40

圖目錄

圖 1. 2020 年度熊鷹調查樣區分布。.....7

圖 2. 熊鷹調查記錄表範例。.....11

圖 3. 2020 於 10 月份調查有熊鷹記錄之樣區。.....14

圖 4. 2019-2020 年熊鷹調查全台樣區分布。.....29

圖 5. 2019-2020 年熊鷹調查全台有熊鷹記錄之樣區分布。.....31

表目錄

表 1. 2020 年各縣市各分級樣區數量表。.....6
表 2. 2020 年 90 個樣區之編號、分布機率值、所屬縣市、分級及調查點座標。.....7
表 3. 2020 年熊鷹調查樣區筆數（隻次）紀錄。.....15
表 4. 2020 年熊鷹調查之熊鷹各筆記錄。.....16
表 5. 2020 年有熊鷹記錄之樣區調查點方圓 2000 公尺內之各類型土地利用百分比。.....19
表 6. 2020 年有熊鷹記錄樣區調查點方圓 2000 公尺內之森林利用土地各細項百分比。.....21
表 7. 不同階段之樣區數、旅次數、猛禽紀錄筆數及無紀錄旅次數。.....22
表 8. 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數(第一階段)。 23
表 9. 2020 年第一階段調查 90 樣區猛禽記錄樣區、數紀錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。.....25
表 10. 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數(第二階段)。.....26
表 11. 2020 年第二階段調查 22 樣區猛禽記錄樣區、數紀錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。.....26
表 12. 2020 年熊鷹調查占據率與偵測率可參考模型組。.....27
表 13. 各縣市各分級樣區數量表。.....28
表 14. 各縣市各分級有熊鷹紀錄樣區。.....30
表 15. 樣區分區、分級與熊鷹占據率之可參考模型組。.....33
表 16. 不分區及南北分區之網格數、占據率、平均單筆最大量及推估族群量。.....34

表 17. 不同分區之分級於熊鷹占據率之可參考模型組。.....34
表 18. 南北各區各分級之網格數、占據率、平均單筆最大量及推估族群量。.....34
表 19. 三種熊鷹族群估算方法比較表。.....34

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。2019 年結果顯示利用占據模型的有條件式重複（Conditioning Occupancy Modeling with conditional replicates），適合熊鷹低偵測率的特性，可計算出偵測率並校正占據率。本年度在新北、桃園、新竹、苗栗、台中、南投、宜蘭及花蓮八縣市以分層逢機取樣的方式選取 90 個樣區，在 10 月先進行 2 旅次調查，若該樣區發現熊鷹則在 11 月再進行 3 旅次調查。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 22 個樣區記錄到熊鷹，總記錄筆數為 60 筆，共 73 隻次。原始占據率為 0.244，偵測率為 0.364 ± 0.053，原始占據率經修正後為 0.41 ± 0.089，經過赤池信量準則（AIC）篩選後顯示樣區內森林比例、闊葉林比例、混淆林比例及針葉林比例等土地利用因子並不影響熊鷹之占據率，而天氣及風速不會影響熊鷹之偵測率。其他留鳥猛禽中以大冠鷲（*Spilornis cheela*）的 224 筆、275 隻次最高，鳳頭蒼鷹（*Accipiter trivigatus*）及林鵰（*Ictinaetus malaiensis*）分別以 115 筆（129 隻次）及 101 筆（121 隻次）居次。結合 2019 至 2020 兩年調查資料，配合台灣南、北兩區各分級之校正後占據率及平均單筆最大量，我們利用三種不同模式的排示組合回推全台熊鷹族群量。不分區不分級估計值為 328 隻（95%信賴區間 231 至 438 隻），僅分區估計值為 332 隻（95%信賴區間 201 至 499 隻），而分級分區估計值為 403 隻（95%信賴區間 142 至 654 隻）。

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. Ninety sites were selected with stratified random sampling in 8 counties in Northern and Central Taiwan. According to the results in 2019, we used occupancy modeling with conditional replicates to solve the low detection rate issue in the survey. At each site, we conducted 1hr point-count survey 2 times in October. If a Mountain Hawk-Eagle is detected then those sites will carry out additional survey 3 times in November. A total of 60 Mountain Hawk-Eagle occurrences were recorded in 22 sites. Analyses showed that occupancy rate was 0.41 ± 0.089 and the detection probability was 0.364 ± 0.053. The proportion of different woodland types in the grid was not correlated with the probability of occupancy. In addition, weather conditions nor wind speed were correlated with the detection rate. Crested Serpent-Eagle (*Spilornis cheela*), Crested Goshawk (*Accipiter trivigatus*), and Black Eagle (*Ictinaetus malaiensis*) were the most abundant resident raptor species during the survey. By using the occupancy rate and the amount of Mountain Hawk-Eagle in each level, we used three model combinations to estimate the population of Mountain Hawk-Eagle in Taiwan. If we choose null model as best model (no division of region or level), the estimated was 328 (95% confidence internal 231-438). If we choose region model (data divided by region only), the estimate was 332 (95% confidence internal 201-499). If we choose global model (data divided by region and level), the estimate was 403 (95% confidence internal 142-654). This information indicates that the survey method could be used in long-term monitoring program of Mountain Hawk-Eagle in the future.

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

一、前言

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、組成和分布等重要經營管理資訊（Goldsmith, 2012）。熊鷹（*Nisaetus nipalensis*）名列台灣瀕臨絕種保育類野生動物，由於數量稀少且分布於深山地區，早年對本物種的了解有限。近十年來經過各團隊努力，目前我們對於熊鷹的繁殖生物學（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）有了初步的認識，而改善熊鷹獵捕問題及仿真羽毛推廣則是近年正在積極推動的保育行動（孫，2007）。孫元勳（2007）曾利用區域內繁殖密度套疊分布海拔的方式推估過全台熊鷹族群量，但此方式不適合進行長期監測，且因採不同估算方式，不同研究團隊估算全台熊鷹族群量有 500 至 1400 隻的差異（林，2004；孫，2007）。熊鷹是大型猛禽，性成熟時間長導致族群補充率較低，相較於其他台灣的日行性猛禽，熊鷹也面臨較大的獵捕壓力（孫，2007），因此亟待建立有效且系統化的族群監測模式，了解其族群量的消長來擬定保育策略。

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）。

熊鷹主要棲息在台灣中央山區天然林比例較高之區域，經由追蹤資料顯示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，熊鷹在一天之中在空中盤旋的次數較低（林，2006；孫，2007），根據近年衛星追蹤資料換算熊鷹一天升空盤旋時間僅 52 分鐘（孫，2020），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資料（Presence／Absence），經換算後來評估物種的出現與否與棲地的關係（MacKenzie et al., 2002）。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）。但若想降低此誤差必須提高勞力、時間或後勤的付出，但所得成果卻不一定能對等提高。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。且相對於傳統調查法，利用此調查方式可節省更多金錢和時間成本（Mackenzie et al. 2002; Mackenzie and Nichols 2004）。

本計畫在調查方法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（Naïve Occupancy），並由熊鷹偵測率（Detection probability）來修正此原始占據率而獲得修正後占據率（occupancy rate），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，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大型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 2018 年（第一年）在台灣南部四縣市（台南市、高雄市、屏東縣、台東市）設立 60 個調查樣區，並 10 月至 11 月間對各樣區進行 3 次 1 小時的定點調查。結果顯示熊鷹的原始占據率為 0.3（表示 20 個樣區曾經發現熊鷹），然而偵測率僅為 0.106 ± 0.023，因此占據率經過修正後則為 1（表示推估在此 60 樣區中均有熊鷹存在），顯然此值並不合理。由於當占據率或偵測率過低時可能會造成分析錯誤率上升，推測占據率修正出現錯誤應是偵測率過低造成。2019 年（第二年）改採用占據模型的有條件式重複取樣（Conditional sampling design）（Specht et al. 2017），並將台灣分成南北兩半，先以南投縣、雲林縣、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣、花蓮縣及台東縣等八縣市為南台灣樣區，在 10 月先進行 2 旅次調查，若該樣區發現熊鷹則在 11 月再進行 3 旅次調查，結果測得原始占據率為 0.2，偵測率為 0.354 ± 0.058，占據率經修正後為 0.343 ± 0.085。經過赤池信量準則(AIC)篩選後顯示樣區內森林比例、闊葉林比例、混淆林比例及針葉林比例等土地利用因子並不影響熊鷹之占據率，而天氣及風速不會影響熊鷹之偵測率。

本年度依據 2019 年的調查方法，將調查努力量集中在第一階段有偵測到物種的樣區，再進行第二階段調查，以較有效率的方式取得較精準的偵測率及占據模估計值。此方法應該能改善 2018 年調查時發生熊鷹偵測率過低導致無法正確估計占據率的問題。在調查地區上，將執行濁水溪（及其延伸線）以北地區（新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、台中市、宜蘭縣、部分南投縣及花蓮縣）之熊鷹分布調查。

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（109）目標

1. 調查台灣濁水溪（及其延伸線）以北地區（新北市、桃園市、新竹縣、苗栗

縣、台中市、宜蘭縣、部分南投縣及花蓮縣）之熊鷹分布。
2. 以占據模型評估樣區內熊鷹的偵測率及占據率。
3. 探討樣區熊鷹分布與棲地間的關係。

二、材料與方法

（一）、研究物種

熊鷹又名赫氏角鷹，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., 2019）。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）、樣區規劃

本年度以濁水溪及其延伸線以北 8 縣市（新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、台中市、宜蘭縣、部分南投縣及花蓮縣）為目標樣區。首先以 GIS 建立 5x5 公里之網格系統，並沿用 2018 年建立之熊鷹分布預測模型（陳，2019）並計算網格內熊鷹分布機率之平均值。各網格將依機率值分為 4 等級，第 1 級（Lv 1）為分布機率大於 0.556、第 2 級（Lv 2）分布機率介於 0.48 至 0.556 間、第 3 級（Lv 3）分布機率介於 0.404 至 0.48 間、第 4 級為分布機率在 0.404 以下的網格，本調查將從第一級至第三級的網格取樣。

利用 2016 年路網圖及林道圖篩選出道路可及之網格，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方法，在 Lv1、Lv2 及 Lv3 分別選取 35、35 及 20 個樣區，總樣區為 90 個（表 1）。各級樣區在地理區的分布狀況請參考圖 1。

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，90 個調查點的資訊如下表 2。

表 1. 2020 年各縣市各分級樣區數量表。

行政區	第一級（Lv 1）	第二級（Lv 2）	第三級（Lv 3）	總計
新北市	5	1	0	6
桃園市	3	1	0	4
新竹縣	4	2	0	6
苗栗縣	4	2	1	7
台中市	2	5	1	8
南投縣	4	13	11	28
宜蘭縣	11	5	4	20
花蓮縣	2	6	3	11
總計	**35**	**35**	**20**	**90**

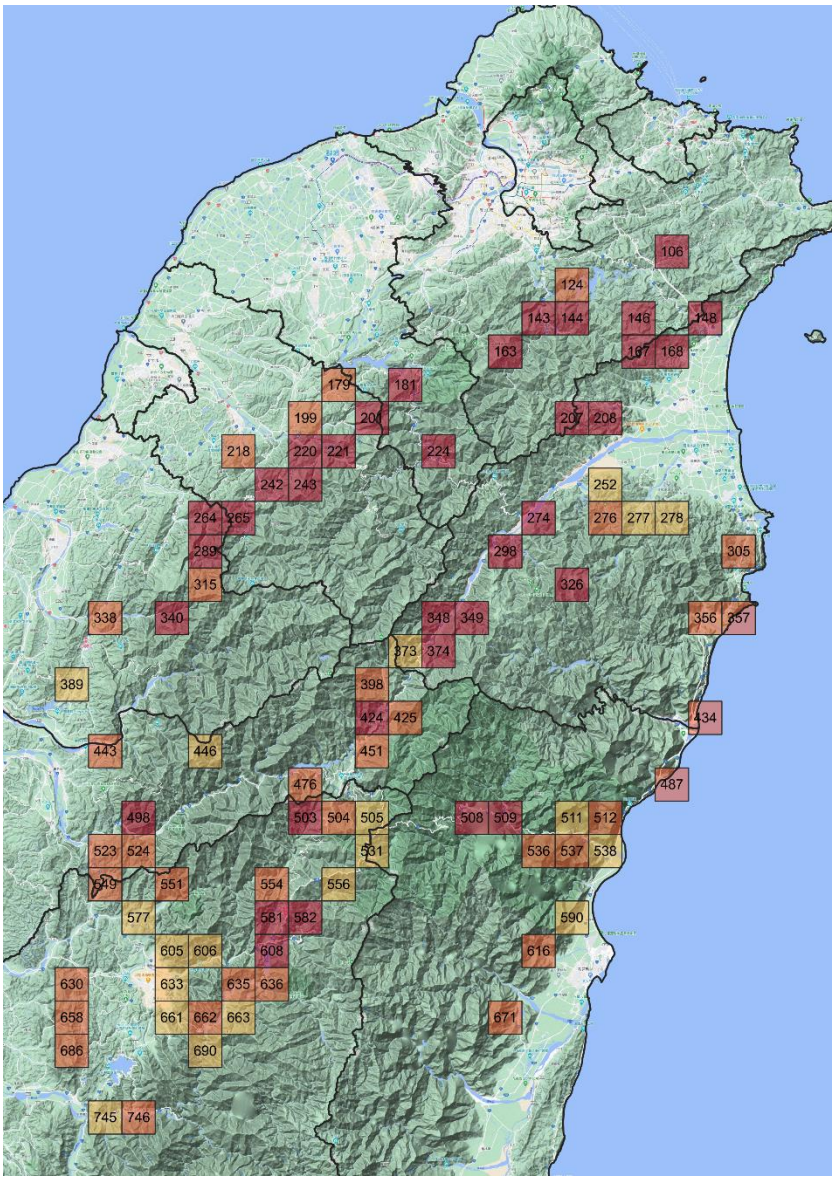


圖 1. 2020 年度熊鷹調查樣區分布。

（紅、橘、黃色網格分別為第一、二、三級樣區）

表 2. 2020 年 90 個樣區之編號、分布機率值、所屬縣市、分級及調查點座標。

樣區編號	分布機率	行政區	等級	地名	經度	緯度
106	0.802	新北市	1	南山寺		
124	0.550	新北市	2	翠峰路		
143	0.751	新北市	1	西羅岸		
144	0.635	新北市	1	孝義		
146	0.644	新北市	1	金瓜寮親水公園		
148	0.679	宜蘭縣	1	豎井		
163	0.756	新北市	1	櫻花巷 4K		
167	0.777	宜蘭縣	1	渭水之丘		

168	0.560	宜蘭縣	1	五峰旗瀑布
179	0.540	桃園市	2	118 縣道 38.5K
181	0.727	桃園市	1	高坡
199	0.512	新竹縣	2	橫山東窩
201	0.746	桃園市	1	八五山橋
207	0.751	宜蘭縣	1	福山管制站
208	0.611	宜蘭縣	1	雙連埤
218	0.505	新竹縣	2	122 縣道
220	0.863	新竹縣	1	尖石
221	0.835	新竹縣	1	那羅橋
224	0.727	桃園市	1	台 7 線 44.8K
242	0.860	新竹縣	1	花園
243	0.774	新竹縣	1	天湖產業道路
252	0.440	宜蘭縣	3	柑仔坑
264	0.791	苗栗縣	1	東河
265	0.821	苗栗縣	1	122 縣道
274	0.584	宜蘭縣	1	碼崙溪
276	0.523	宜蘭縣	2	清水地熱
277	0.440	宜蘭縣	3	古魯林道入口
278	0.444	宜蘭縣	3	新寮瀑布
289	0.674	苗栗縣	1	風美
298	0.652	宜蘭縣	1	中間
305	0.524	宜蘭縣	2	東澳
315	0.491	苗栗縣	2	一葉蘭民宿
326	0.728	宜蘭縣	1	太平山小武嶺
338	0.538	苗栗縣	2	錦卦大橋
340	0.591	苗栗縣	1	水雲吊橋停車場
348	0.721	宜蘭縣	1	南山
349	0.674	宜蘭縣	1	四季一橋
356	0.530	宜蘭縣	2	南澳
357	0.527	宜蘭縣	2	朝陽
373	0.449	宜蘭縣	3	台七甲線 40.1K
374	0.687	宜蘭縣	1	南山
389	0.435	苗栗縣	3	景山
398	0.514	台中市	2	武陵農場
424	0.679	台中市	1	環清宮
425	0.503	台中市	2	武陵青葉農場
434	0.523	宜蘭縣	2	谷峰橋

443	0.532	台中市	2	觀音坑
446	0.431	台中市	3	47K 觀景台
451	0.555	台中市	2	天山宮
476	0.490	南投縣	2	達盤橋
487	0.554	花蓮縣	2	和仁
498	0.585	台中市	1	白冷
503	0.587	南投縣	1	投 89 鄉道 11k
504	0.499	南投縣	2	華崗玉靈五母宮
505	0.418	南投縣	3	松泉崗(台 8 線 105.5K)
508	0.613	花蓮縣	1	洛韶
509	0.648	花蓮縣	1	西寶國小
511	0.405	花蓮縣	3	溪畔
512	0.530	花蓮縣	2	砂卡礑步道(五間屋)
523	0.550	台中市	2	台 21 線 6K
524	0.543	南投縣	2	裡冷溪
531	0.437	南投縣	3	小風口
536	0.527	花蓮縣	2	太魯閣峽谷
537	0.505	花蓮縣	2	長春橋
538	0.436	花蓮縣	3	砂卡礑停車場
549	0.506	南投縣	2	長福橋
551	0.510	南投縣	2	伴天聊露營區
554	0.503	南投縣	2	發祥
556	0.463	南投縣	3	鳶峰觀景台
577	0.441	南投縣	3	川中島
581	0.604	南投縣	1	投 89
582	0.706	南投縣	1	投 85 鄉道 0K
590	0.445	花蓮縣	3	佳民
605	0.425	南投縣	3	大隆橋
606	0.438	南投縣	3	獅子頭橋
608	0.592	南投縣	1	春陽溫泉
616	0.549	花蓮縣	2	娑婆噹
630	0.483	南投縣	2	九份二山爆震點
633	0.434	南投縣	3	青山橋
635	0.542	南投縣	2	松林橋
636	0.499	南投縣	2	楓香小站
658	0.543	南投縣	2	永樂路
661	0.446	南投縣	3	廣福宮
662	0.527	南投縣	2	武界吊橋

663	0.421	南投縣	3	曲冰橋
671	0.549	花蓮縣	2	米亞丸部落
686	0.515	南投縣	2	麻竹巷
690	0.413	南投縣	3	武界林道 2K
745	0.472	南投縣	3	羅羅格橋
746	0.488	南投縣	2	土虱彎

（三）、野外調查

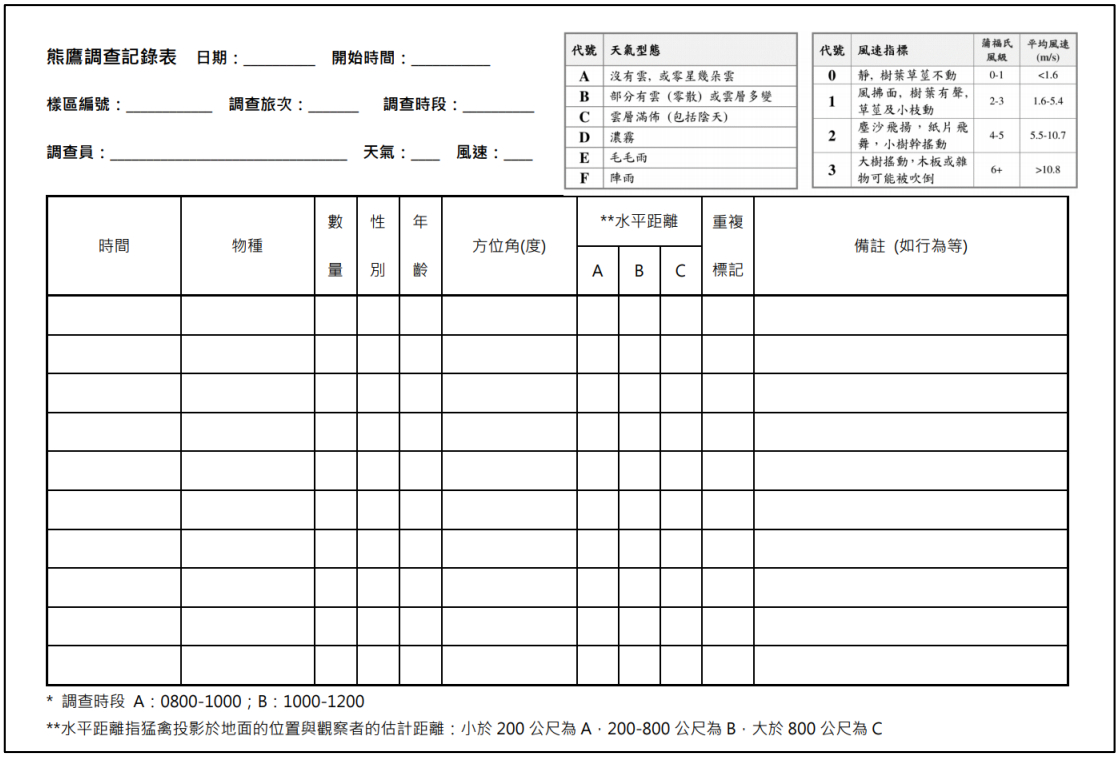
熊鷹一天中僅少數幾次升空盤旋，既使在適合的環境下仍不容易觀察（林，2006）。根據近年衛星追蹤資料換算熊鷹一天升空盤旋時間僅 1 小時（孫，2020）。Fuller 及 Mosher （1987）指出猛禽在求偶及建立領域時較易被目擊，根據蕭（2001）描述熊鷹的求偶行為包含波浪狀飛行、對爪或雌雄共盤等等，而此現象最頻繁的月份為 11 月至翌年 1 月（何，2006）。台灣南部最早在 9 月就有機會觀察到此類行為（黃永坤，私人通訊），因此本調查工作選擇於 10 月至 11 月進行。

每個調查點全季依占據模型的有條件式重複取樣（Conditional sampling design）（Specht et al. 2017）共分為兩階段。第一階段於十月進行二次調查，有記錄到熊鷹的樣區才需進行 11 月的第二階段調查。第一階段的兩次調查日期區間分別為：10 月 01 日至 10 月 14 日、10 月 15 日至 10 月 28 日，第二階段的三次調查日期區間分別為：10 月 29 日至 11 月 07 日、11 月 08 日至 11 月 17 日、11 月 18 日至 11 月 27 日。若因天候等不可抗力因素影響則可延後進行但以不超過 10 日為原則。此外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），但根據 2018 年的經驗山區午後進行調查易受天候影響，因此本年度調查時間與去年相同分為二個時段：A 時段為上午 8 時至 10 時，B 時段為上午 10 時至 12 時。同一調查點於第一階段的兩次調查需選擇不同時段，第二階段的三次調查須兩時段各執行一次，剩餘一次則隨機挑選一時段調查。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、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發現之個體。此外調查時的天氣將分為 6 級：A 表「沒有雲，或零星幾無雲」、B 表「部分有雲（零散）或雲層多變」、C 表「雲層滿布（包括陰天）」、D 表「濃霧」、E 表「毛毛雨」、F 表「陣雨」；風速則分為 4 級：0 表「蒲氏風級 0-1 級」、1 表「蒲氏風級 2-3 級」、2 表「蒲氏風級 4-5

級」、3 表「蒲氏風級 6 級以上」，調查表範例如下圖 2。



熊鷹調查記錄表　日期：_____　開始時間：_____

樣區編號：_____　調查旅次：_____　調查時段：_____

調查員：_____　天氣：___　風速：___

代號	天氣型態
A	沒有雲，或零星幾朵雲
B	部分有雲（零散）或雲層多變
C	雲層滿佈（包括陰天）
D	濃霧
E	毛毛雨
F	陣雨

代號	風速指標	蒲福氏風級	平均風速 (m/s)
0	靜，樹葉草莖不動	0-1	<1.6
1	風拂面，樹葉有聲，草莖及小枝動	2-3	1.6-5.4
2	塵沙飛揚，紙片飛舞，小樹幹搖動	4-5	5.5-10.7
3	大樹搖動，木板或雜物可能被吹倒	6+	>10.8

時間	物種	數量	性別	年齡	方位角(度)	**水平距離			重複標記	備註 (如行為等)
						A	B	C		

* 調查時段 A：0800-1000；B：1000-1200

**水平距離指猛禽投影於地面的位置與觀察者的估計距離：小於 200 公尺為 A，200-800 公尺為 B，大於 800 公尺為 C

圖 2. 熊鷹調查記錄表範例。

（四）、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。在假設各樣區間彼此獨立、物種沒有移入或移出的條件下，此軟體將同個樣區目標物種出現的頻度估算物種之偵測率，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，以及天氣、風速是否影響偵測率。

棲地因子資料取自 107 年第三次國土利用調查，計算調查點半徑 2000m 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淆林，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比例（MIX）、針葉林比例（CO）、闊葉林比例（BL），並將這些因子加上森林土地利用比例（FO）做為影響熊鷹占據率之因子。我們預期樣區內的森林土地利用比例愈高，熊鷹的偵測率應該愈高。而根據前人研究我們假設天氣（W）及風速（WS）可能影響熊鷹之偵測率。利用這些因子建構出 7 組模型，分別為

psi(.),p(.)、psi(MIX),p(.)、psi(CO),p(.)、psi(BL),p(.)、psi(FO),p(.)、psi(.),p(W)及psi(.),p(WS)，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。

（五）、全台熊鷹族群量估算

統整 2019 年（南島）及 2020 年（北島）之熊鷹出現資料，以 Program PRESENCE 計算南北島各分級之修正後占據率（共六組），先檢視南北分區（NS）及各分級（lvl）對占據率有無影響，若影響顯著則將各分區或各分級之樣區總數乘以該分區（分級）之占據率則可推估有熊鷹之樣區數；若無影響則將全台樣區數乘上以全台調查資料所獲得之占據率，則可以推估全台有熊鷹之樣區數。由於假設目標物種沒有移入或是移出，因此各分區物種豐度以每樣區各旅次同時最大量的平均值做為代表。則全台熊鷹族群量則可以下列公式推估。

1. 若各分區、分級之占據率有顯著差異，全台熊鷹族群量為：
Σ（分級樣區數 × 分級占據率 × 分級各旅次同時最大量之平均）

2. 若各分區、分級之占據率無顯著差異，全台熊鷹族群量為：
全台樣區總數 × 占據率 × 各旅次之同時最大量之平均

三、結果與討論

（一）、熊鷹分布調查

在 10 月份的第一段調查，90 樣區中共有 22 個樣區紀錄到熊鷹。180 旅次中共有 27 筆、33 隻次熊鷹記錄。22 個有觀察到熊鷹的樣區分別為新北市烏來區的「西羅岸（143）」、坪林區的「金瓜寮親水公園（146）」、新竹縣尖石鄉「那羅橋（221）」、五峰鄉「天湖產業道路（243）」、台中市和平區「武陵農場（398）」、「47K 觀景台（446）」、新社區「台 21 線 6K（523）」、「長福橋（549）」、南投縣仁愛鄉「投 89 鄉道 11K（503）」、「發祥（554）」、「投 85 鄉道 0K（582）」、宜蘭縣員山鄉「福山管制站（207）」、三星鄉「柑仔坑（252）」、「122 縣道（265）」、大同鄉「碼崙溪（274）」、「清水地熱（276）」、「古魯林道入口（277）」、「中間（298）」、冬山鄉「新寮瀑布（278）」、花蓮縣秀林鄉「洛韶（508）」、「西寶國小（509）」、「佳民（590）」。其中屬第一級樣區的有 143、146、207、221、243、265、274、298、503、508、509、582，屬第二級的樣區有 276、398、523、549、554，屬第三級樣區有 252、277、278、446、590（圖 3）。在兩旅次均有調查熊鷹的樣區為 243、274、446、590（表 3）。

11 月份第二階段調查的 22 樣區中共有 17 個樣區紀錄到熊鷹。各執行 3 次共計 66 旅次的調查中，觀察到熊鷹 33 筆、40 隻次。17 個有觀察到熊鷹的樣區分別為「金瓜寮親水公園（146）」、「福山管制站（207）」、「天湖產業道路（243）」、「柑仔坑（252）」、「122 縣道（265）」、「碼崙溪（274）」、「清水地熱（276）」、「古魯林道入口（277）」、「中間（298）」、「武陵農場（398）」、「47K 觀景台（446）」、「投 89 鄉道 11K（503）」、「洛韶（508）」、「西寶國小（509）」、「發祥（554）」、「投 85 鄉道 0K（582）」及「佳民（590）」。

在 22 個進入第二階段調查的樣區中有 4 個樣區在 4 個旅次調查中觀察到熊鷹，分別為「天湖產業道路（243）」、「碼崙溪（274）」、「47K 觀景台（446）」及「佳民（590）」。而「西羅岸（143）」、「那羅橋（221）」、「新寮瀑布（278）」、「台 21 線 6K（523）」、「長福橋（549）」等樣區在全季僅有 1 次熊鷹記錄。

A、B 兩時段在全季各有 28 及 32 筆熊鷹紀錄。調查同時最大量有 4 隻，出現在「中間（298）」樣區。人鳥水平距離在 200 公尺以內僅 5 筆紀錄（占 8.33%），200 至 800 公尺有 19 筆（占 31.67%），800 公尺以外則有 35 筆（占 60%）。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占 20.0%，其中包含成鳥 14 隻次，未成鳥 3 隻次及幼鳥 3 隻次（表 4）。在行為觀察方面，「福山管制站（207）」樣區曾觀察到數次熊鷹成鳥互相驅趕的行為，其餘記錄熊鷹多單獨出現，偶有兩隻共同盤旋的行為。

2020 年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 79.94±14.89 %（表 5、表 6）。此結果與何錦尚（2007）在台東地區的研究及 2018 年的調查結果（陳，2019）相符。

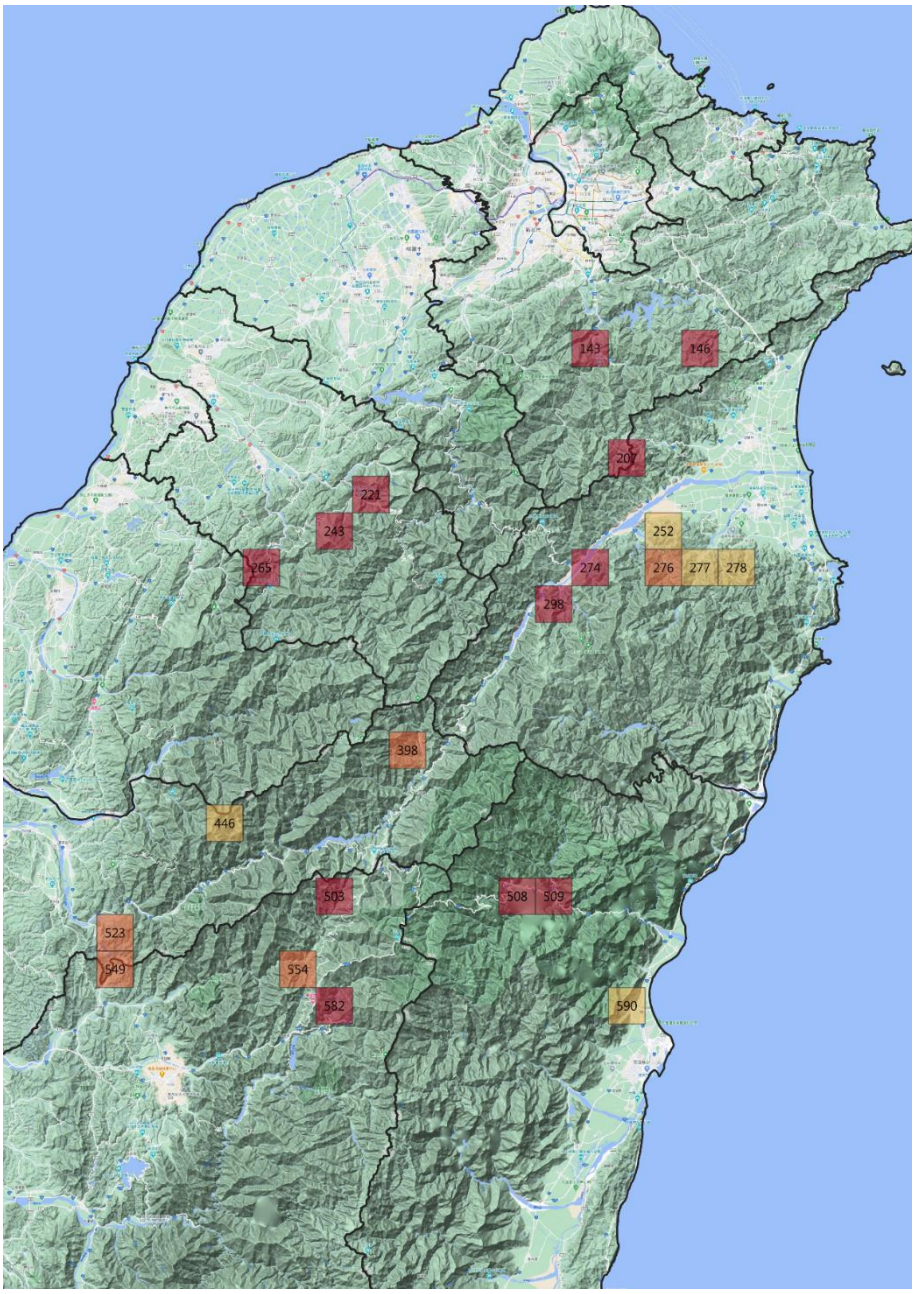


圖 3. 2020 於 10 月份調查有熊鷹記錄之樣區。
（紅、橘、黃色網格分別為第一、二、三級樣區）

表 3. 2020 年熊鷹調查樣區筆數（隻次）紀錄。

樣區編號	分級	旅次 1	旅次 2	旅次 3	旅次 4	旅次 5
143	1	1(1)	0	0	0	0
146	1	0	1(1)	0	1(1)	0
207	1	0	1(1)	0	2(3)	1(3)
221	1	1(1)	0	0	0	0
243	1	1(1)	1(1)	2(2)	1(1)	0
252	3	1(1)	0	1(1)	0	0
265	1	1(1)	0	1(1)	0	0
274	1	1(1)	1(1)	0	1(1)	1(1)
276	2	0	1(2)	0	1(1)	0
277	3	0	1(1)	1(1)	0	1(1)
278	3	0	1(1)	0	0	0
298	1	0	2(5)	0	2(2)	0
398	2	1(1)	0	0	5(7)	1(1)
446	3	1(1)	1(1)	1(1)	0	1(1)
503	1	0	1(1)	0	0	1(1)
508	1	0	1(1)	0	0	1(1)
509	1	0	1(1)	1(1)	2(2)	0
523	2	1(1)	0	0	0	0
549	2	0	1(1)	0	0	0
554	2	0	1(1)	0	0	1(1)
582	1	0	1(1)	0	1(1)	0
590	3	1(1)	1(2)	0	1(2)	1(2)
合計		10(10)	17(22)	7(7)	17(21)	9(12)

表 4. 2020 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	[1]調查時段	紀錄時間	數量	[2]年齡	[3]距離分級	備註
10/01	143	1	0905	A	0905	1	-	C	往東北飛去(很高)
11/01	146	2	1037	B	1114	1	-	B	
11/26	146	4	0840	A	0911	1	Sub.	A	遭林鵰攻擊
10/26	207	2	0915	A	0928	1	A	B	由稜線盤起後向西北
11/18	207	4	1040	B	1045	2	A	A	A 驅趕熊鷹 C
11/18	207	4	1040	B	1054	1	A	B	盤起往 330 度
12/18	207	5	1046	B	1146	3	A	B	一隻飛近，引出兩隻熊鷹驅趕
10/01	221	1	1040	B	1122	1	-	B	
10/01	243	1	0911	A	1010	1	-	B	
10/17	243	2	1105	B	1130	1	-	C	
11/02	243	3	1000	B	1025	1	-	C	
11/02	243	3	1000	B	1030	1	-	C	
11/09	243	4	0815	A	0912	1	-	C	
10/03	252	1	0936	A	1036	1	-	C	
11/07	252	3	1043	B	1120	1	Sub.	B	
10/03	265	1	1030	B	1040	1	-	C	
11/01	265	3	0920	A	1008	1	-	C	翻身抵抗林鵰
10/02	274	1	0740	A	0833	1	-	B	盤飛兩分鐘
10/26	274	2	1125	B	1223	1	-	B	稜線飛起即消失
11/18	274	4	0810	A	0920	1	A	B	

12/18	274	5	0820	A	0920	1	A	B	飛過
11/01	276	2	0912	A	0938	2	-	C	二隻山頭稜線上互盤往上，消失於白雲裡
11/26	276	4	0940	B	1005	1	Sub.	B	
10/27	277	2	1015	B	1004	1	A	C	稜線上盤二圈消失
11/07	277	3	0907	A	0910	1	A	B	稜線上短暫盤旋
11/26	277	5	1120	B	1155	1	A	B	盤旋
10/25	278	2	1000	B	1046	1	-	C	
11/01	298	2	1010	B	1033	1	-	A	
11/01	298	2	1010	B	1042	4	-	C	
11/22	298	4	1100	B	1133	1	-	C	
11/22	298	4	1100	B	1156	1	-	C	
10/09	398	1	0930	B	1017	1	-	C	
11/18	398	4	1000	B	1006	1	-	C	
11/18	398	4	1000	B	1021	2	A	C	
11/18	398	4	1000	B	1027	1	-	C	
11/18	398	4	1000	B	1030	2	-	C	
11/18	398	4	1000	B	1059	1	-	C	
11/26	398	5	0900	A	0939	1	-	C	盤至高處往 41 度去
10/10	446	1	0900	A	0958	1	-	C	往東飛
10/25	446	2	0900	B	0938	1	-	C	往東南直線飛行
11/08	446	3	0845	A	0929	1	-	C	在啞口觀景台上空盤旋後往北北東 15 度直線飛去
12/05	446	5	1115	B	1200	1	-	B	東方山谷上方高空出現，盤旋數圈之後直線通過調查點上方，向北北西離去。

10/20	503	2	1115	B	1207	1	A	A	
11/19	503	5	1100	B	1120	1	-	C	
10/22	508	2	0920	A	0929	1	A	C	盤旋
12/09	508	5	0910	A	0920	1	A	B	盤旋約五分鐘
10/22	509	2	0800	A	0830	1	J	B	停棲
11/24	509	3	0755	A	0847	1	J	C	停棲、西寶國小後方稜線
12/02	509	4	0900	A	0955	1	J	B	低飛於樹冠
12/02	509	4	0900	A	0956	1	A	B	盤旋
10/03	523	1	0830	A	0900	1	-	C	空中盤旋
10/31	549	2	0840	A	0850	1	-	C	飛行
10/19	554	2	0800	A	0812	1	-	C	
11/19	554	5	0850	A	0926	1	-	C	
10/19	582	2	0730	A	0750	1	-	C	
10/19	582	4	1050	B	1128	1	-	A	
10/02	590	1	0730	A	0756	1	-	C	
10/24	590	2	0930	B	0943	2	-	C	
11/15	590	4	1000	B	1000	2	-	C	稜線上盤旋
11/22	590	5	0800	A	0848	2	-	C	稜線上盤旋

[1] 調查時段：A 時段表上午 8 時至 10 時，B 時段表上午 10 時至 12 時。

[2] 年齡：A 表成鳥，Sub.表未成鳥，J 表幼鳥。

[3] 距離分級：A 表 200 公尺內，B 表 200 至 800 公尺，C 表 800 公尺以上。

表 5. 2020 年有熊鷹記錄之樣區調查點方圓 2000 公尺內之各類型土地利用百分比。

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
143	2.12	0.25	1.87	2.25	86.98	4.50	0.00	1.81	0.22
146	0.06	0.16	0.41	0.08	97.45	0.46	0.00	1.36	0.02
207	0.27	0.00	0.96	0.06	95.78	0.79	0.50	0.68	0.96
221	2.19	0.07	2.94	0.60	86.16	2.79	0.04	5.19	0.02
243	2.75	0.00	2.57	0.18	85.99	0.39	0.00	8.13	0.00
252	3.30	0.49	0.63	4.99	56.70	2.69	0.00	30.77	0.43
265	1.84	0.02	2.21	0.63	83.65	1.99	0.00	9.45	0.21
274	0.39	0.04	2.02	0.32	76.00	14.11	0.36	6.66	0.10
276	0.04	0.26	0.69	0.22	90.85	6.75	0.00	1.20	0.00
277	0.12	0.02	0.88	0.07	96.48	1.86	0.05	0.51	0.00
278	0.78	0.06	1.36	0.29	92.61	1.28	0.00	2.83	0.79
298	0.00	0.00	5.02	0.03	88.42	6.31	0.22	0.00	0.00
398	0.04	0.00	0.18	0.02	90.72	1.32	0.00	7.71	0.00
446	0.71	0.00	2.03	0.25	96.45	0.57	0.00	0.00	0.00
503	1.54	0.01	4.39	0.67	62.12	1.25	0.00	30.03	0.00
508	0.51	0.00	4.40	0.15	91.78	1.17	0.00	1.99	0.00
509	0.93	0.00	5.43	0.20	88.47	1.78	0.00	3.18	0.00
523	2.53	0.18	2.98	1.19	49.27	5.95	0.00	37.90	0.00
549	3.22	0.13	2.26	1.17	42.55	3.40	0.04	47.18	0.05
554	1.25	0.10	4.10	0.35	77.57	2.55	0.00	14.05	0.02

582	2.18	0.11	4.11	0.58	69.33	3.13	0.00	20.56	0.00
590	3.23	6.76	0.77	9.12	58.98	1.62	0.00	19.32	0.21
平均百分比	1.37	0.21	3.35	0.92	77.93	3.87	0.11	11.95	0.29
標準差	1.01	0.74	3.85	1.32	14.76	3.49	0.52	12.53	0.71

表 6. 2020 年有熊鷹記錄樣區調查點方圓 2000 公尺內之森林利用土地各細項百分比。

樣區編號	混淆林	竹林	針葉林	闊葉林	*森林利用土地
143	6.32	7.82	0.51	72.33	86.98
146	92.17	0.03	4.34	0.91	97.45
207	85.45	0.23	8.06	2.05	95.78
221	73.95	10.66	1.09	0.00	86.16
243	68.05	2.95	14.65	0.03	85.99
252	51.66	0.01	3.21	1.82	56.70
265	74.18	1.74	7.32	0.00	83.65
274	72.18	0.22	3.05	0.55	76.00
276	61.45	0.52	16.44	12.43	90.85
277	95.15	0.00	0.00	1.26	96.48
278	90.51	0.07	1.53	0.50	92.61
298	75.01	0.00	11.92	1.29	88.42
398	52.53	0.00	38.07	0.00	90.72
446	74.24	0.00	22.21	0.00	96.45
503	60.78	0.00	1.33	0.00	62.12
508	90.83	0.93	0.00	0.02	91.78
509	86.61	0.31	1.17	0.38	88.47
523	0.00	7.17	0.65	41.45	49.27
549	0.00	4.96	0.24	37.35	42.55
554	54.88	1.12	3.15	18.12	77.57
582	35.06	0.83	0.05	33.39	69.33
590	55.38	2.54	0.00	0.97	58.98
平均百分比	61.65	1.91	6.32	10.22	77.93
標準差	28.76	3.02	9.43	19.10	14.76

*森林利用土地包含針葉林、闊葉林、混淆林、灌木林、竹林及其他森林利用土地

（二）、其他猛禽分布調查

在第一階段 180 旅次調查中，90 樣區共有 470 筆猛禽記錄，其中 42 旅次猛禽紀錄為零（表 7），而其中有 11 樣區在這兩次調查中沒有記錄到猛禽。記錄筆數最多的是位於新北市烏來區的「西羅岸」樣區（143），共有 8 種 19 筆記錄，包含大冠鷲 4 筆、灰面鵟鷹（*Butastur indicus*）4 筆、鳳頭蒼鷹（*Accipiter trivigatus*）3 筆、林鵰 3 筆、遊隼（*Falco peregrinus*）2 筆、東方蜂鷹（*Pernis ptilorhynchus*）1 筆、熊鷹 1 筆及黑鳶（*Milvus migrans*）1 筆。下表 8 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。東方蜂鷹記錄筆

數最多的是新竹縣竹東鄉的「花園」(242）樣區（4 筆)，大冠鷲記錄最多的是宜蘭縣大同鄉的「南山」(374）及台中市和平區「白冷」(498）樣區（8 筆)，林鵰記錄最多的是桃園市復興區的「台 7 線 44.8K」(224）樣區（4 筆)，鳳頭蒼鷹記錄最多的為宜蘭縣冬山鄉「新寮瀑布」(278）及南投縣埔里鎮「廣福宮」(661）樣區（5 筆)。

第一階段總共記錄 14 種猛禽。大冠鷲在 59 個樣區曾有記錄，占所有樣區 65.56%，是出現樣區最多的猛禽，其次為林鵰的 44 樣區（48.89%）及鳳頭蒼鷹的 39 樣區（43.33 %）。若以記錄筆數排序則依序為大冠鷲 173 筆、鳳頭蒼鷹 70 筆、林鵰 67 筆及東方蜂鷹 45 筆。調查數量最多依序為正值過境期的灰面鵟鷹 294 隻次，大冠鷲 215 隻次及同樣為過境猛禽的赤腹鷹 150 隻次，屬於留鳥的鳳頭蒼鷹及林鵰分別為 82 及 80 隻次（表 9）。本年度共有 19 個樣區記錄過灰面鵟鷹、6 個樣區記錄過赤腹鷹，同時記錄過兩種過境猛禽的樣區則有 5 個（新竹縣 4 個、台中市 1 個），不過由於未出現明顯大量鷹群，因此該樣區可能非在過境猛禽主要的遷徙路線上。

第二階段共執行 22 樣區 66 旅次，共有 214 筆猛禽紀錄，其中有 8 旅次無發現猛禽。記錄筆數最多的是位於南投縣國姓鄉「長福橋」（549）樣區，共有 5 種 24 筆記錄，包含大冠鷲 8 筆、東方蜂鷹 3 筆、鳳頭蒼鷹 10 筆、松雀鷹 1 筆、林鵰 2 筆。大冠鷲記錄最多的是台中市新社區的「台 21 線 6K」(523）樣區及南投縣國姓鄉「長福橋」(549）樣區（8 筆)，東方蜂鷹記錄最多的是台中市新社區的「台 21 線 6K」(523)（6 筆)，林鵰記錄最多的是新竹縣尖石鄉的「那羅橋」(221）樣區及南投縣仁愛鄉「投 89 鄉道 11K」(503）樣區（4 筆)，鳳頭蒼鷹記錄最多的為南投縣國姓鄉「長福橋」(549）樣區（10 筆）（表 10）。

第二階段同樣記錄到 9 種猛禽，以林鵰及熊鷹的 17 樣區最高，佔所有樣區的 77.27 %，其次依序為大冠鷲 16 樣區（72.73%)，林鵰 15 樣區（68.18 %）及鳳頭蒼鷹 14 樣區（63.64%)。記錄筆數及隻次數則依序為大冠鷲 51 筆（60 隻次)、鳳頭蒼鷹 45 筆（47 隻次)、林鵰 34 筆（41 隻次)、熊鷹 33 筆（40 隻次）及東方蜂鷹 20 筆（21 隻次)(表 11)。

表 7. 不同階段之樣區數、旅次數、猛禽紀錄筆數及無紀錄旅次數。

	樣區數	旅次數	猛禽紀錄筆數	無紀錄旅次數
第一階段	90	180	470	42
第二階段	22	66	214	8

表 8. 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數(第一階段)。

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
106	0	2	0	0	0	2
124	0	2	0	1	2	6
143	1	4	1	3	3	19
144	0	0	0	1	1	2
146	0	1	1	0	0	2
148	0	0	0	0	0	2
163	0	0	0	0	0	0
167	0	0	0	1	1	2
168	0	0	0	1	0	1
179	0	5	0	0	2	9
181	0	5	0	3	3	16
199	0	2	0	1	1	10
201	1	0	0	2	0	5
207	0	0	1	2	0	3
208	0	0	0	1	1	4
218	1	2	0	0	1	5
220	2	7	0	1	0	13
221	0	1	1	3	1	8
224	1	1	0	4	0	11
242	4	4	0	2	2	16
243	2	4	2	0	0	10
252	0	4	1	0	2	7
264	0	5	0	1	3	9
265	2	3	1	2	0	12
274	0	2	2	1	1	10
276	0	1	1	2	2	6
277	0	0	1	3	1	6
278	0	4	1	0	5	12
289	0	0	0	0	2	2
298	0	0	2	0	0	2
305	0	1	0	0	4	5
315	0	0	0	2	1	5
326	0	0	0	0	0	0
338	0	4	0	0	2	6
340	0	0	0	0	0	0

348	1	3	0	3	2	10
349	0	0	0	0	0	0
356	0	4	0	1	1	8
357	0	0	0	0	1	3
373	2	1	0	1	0	6
374	0	8	0	0	0	9
389	0	2	0	0	0	2
398	0	1	1	0	0	2
424	0	2	0	1	0	3
425	1	2	0	0	0	5
434	1	0	0	0	0	1
443	1	3	0	2	2	9
446	1	0	2	0	0	4
451	1	6	0	0	0	7
476	0	0	0	0	0	0
487	0	2	0	0	1	3
498	2	8	0	2	0	12
503	1	2	1	0	0	4
504	0	2	0	0	0	2
505	0	0	0	0	0	0
508	0	1	1	1	1	7
509	0	1	1	0	0	3
511	0	0	0	1	0	1
512	0	0	0	0	0	0
523	1	2	1	1	1	10
524	2	1	0	1	0	4
531	0	0	0	0	0	0
536	0	0	0	1	0	1
537	0	0	0	1	0	1
538	0	0	0	0	0	0
549	2	4	1	3	3	14
551	0	3	0	0	0	4
554	1	3	1	1	1	7
556	0	0	0	0	0	0
577	0	1	0	0	1	2
581	0	4	0	1	0	6
582	1	2	1	2	0	6
590	1	0	2	0	0	8

605	0	2	0	0	0	2
606	0	0	0	0	0	0
608	3	0	0	2	0	5
616	0	1	0	0	0	1
630	0	3	0	0	0	3
633	2	1	0	0	2	5
635	0	4	0	1	1	6
636	0	4	0	0	1	5
658	1	4	0	1	3	9
661	0	6	0	1	5	12
662	0	3	0	0	0	3
663	0	2	0	0	1	3
671	1	1	0	0	0	2
686	2	4	0	0	1	7
690	0	3	0	0	0	3
745	3	3	0	2	1	10
746	0	0	0	0	0	1

表 9. 2020 年第一階段調查 90 樣區猛禽記錄樣區、數紀錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。

物種	**記錄樣區數 (占全樣區%)**	**記錄筆數**	**記錄隻次**	**單筆最大量**
魚鷹	2 (2.22)	2	2	1
東方蜂鷹	29 (32.22)	45	52	3
大冠鷲	59 (65.56)	173	215	5
熊鷹	22 (24.44)	27	32	4
林鵰	44 (48.89)	67	80	3
灰面鵟鷹	19 (21.11)	34	294	110
北雀鷹	1 (1.11)	1	1	1
鳳頭蒼鷹	39 (43.33)	70	82	3
日本松雀鷹	1 (1.11)	1	1	1
赤腹鷹	6 (6.67)	9	150	73
松雀鷹	12 (13.33)	13	15	2
黑鳶	3 (3.33)	3	4	2
紅隼	1 (1.11)	1	1	1
遊隼	11 (12.22)	15	16	2

表 10. 熊鷹及其他常見森林性猛禽在各樣區之記錄筆數(第二階段)。

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
143	0	6	0	1	1	11
146	0	0	1	2	2	6
207	0	0	3	1	3	7
221	1	1	0	4	0	7
243	2	3	3	2	3	18
252	0	2	1	1	5	12
265	2	2	1	3	1	12
274	0	0	2	1	0	3
276	0	1	1	1	1	4
277	0	1	2	1	3	9
278	1	1	0	0	4	7
298	0	1	2	3	0	6
398	0	0	6	0	0	7
446	1	0	2	0	0	5
503	1	0	1	4	0	6
508	1	2	1	2	2	9
509	0	2	3	0	1	6
512	0	0	0	0	1	1
523	6	8	0	2	6	23
549	3	8	0	2	10	24
554	1	4	1	1	0	11
582	1	2	1	3	2	10
590	0	7	2	1	1	11

表 11. 2020 年第二階段調查 22 樣區猛禽記錄樣區、數紀錄筆數、記錄隻次及單筆最大量。

物種	記錄樣區數 (占全樣區%)	記錄筆數	記錄隻次	單筆最大量
黑翅鳶	1 (4.55)	1	1	1
東方蜂鷹	11 (50.0)	20	21	2
大冠鷲	16 (72.73)	51	60	3
熊鷹	17 (77.27)	33	40	3
林鵰	17 (77.27)	34	41	3
鳳頭蒼鷹	14 (63.64)	44	46	2

松雀鷹	10 (45.45)	15	16	2
灰面鷲鷹	1 (4.55)	1	1	1
遊隼	5 (22.73)	7	9	2

（三）、占據模型分析結果

本年度所調查之結果採用單一物種單季節分析，熊鷹的原始占據率（Naïve Occupancy）為 0.244，偵測率為 0.364 ± 0.053，而占據率經過修正後則為 0.41 ± 0.089，與 2019 年濁水溪以南樣區之結果相似。同時我們在 Program PRESENCE 運算時也納入調查點方圓 2000 公尺內各森林類型面積比例以及調查時之天氣、風速作為共變量。經過 AIC 模型篩選後所列 7 個模型組之ΔAIC 均在 2 以下，最佳模型為 psi(.),p(.)，表示上述各森林類型比例對於占據率、天氣及風速對於偵測率沒有足夠的影響（表 12）。

表 12. 2020 年熊鷹調查占據率與偵測率可參考模型組。

Model	AIC	ΔAIC	AIC wgt	Model Likelihood	Significant digits
psi(.),p(.)	237.78	0.00	0.2768	1.0000	6.85
psi(MIX[1]),p(.)	239.01	1.23	0.1497	0.5406	8.25
psi(FO[2]),p(.)	239.14	1.36	0.1402	0.5066	8.08
psi(BL[3]),p(.)	239.50	1.72	0.1171	0.4232	8.29
psi(CO[4]),p(.)	239.59	1.81	0.1120	0.4045	7.79
psi(.),p(WS[5])	239.77	1.99	0.1023	0.3697	6.96
psi(.),p(W[6])	239.78	2.00	0.1018	0.3679	6.85

[1] MIX：混淆林所佔比例

[2] FO：森林利用土地所佔比例

[3] BL：闊葉林所佔比例

[4] CO：針葉林所佔比例

[5] WS：風速

[6] W：調查時天氣

（四）、全台樣區資料彙整

2019 與 2020 分別在台灣濁水溪以南及北用分層逢機取樣第一級樣區 70 個、第二級樣區 70 個及第三級樣區 40 個（表 13、圖 4）。取樣最多的行政區為南投縣（45 個）台東縣（27 個）花蓮縣（23 個）及宜蘭縣（20 個）；有熊鷹紀錄的樣區數量依行程區排序依序是宜蘭縣（7 個）、花蓮縣（7 個）、台東縣（7 個）及南投縣（5 個）。而各分級有記錄過熊鷹的樣區分別有 18 個、12 個及 10 個（表 14、圖 5）。

表 13. 各縣市各分級樣區數量表。

行政區	第一級（Lv 1）	第二級（Lv 2）	第三級（Lv 3）	總計
新北市	5	1	0	6
桃園市	3	1	0	4
新竹縣	4	2	0	6
苗栗縣	4	2	1	7
台中市	2	5	1	8
南投縣	15	19	11	45
雲林縣	2	1	1	4
嘉義縣	3	3	2	8
高雄市	2	8	2	12
屏東縣	1	5	4	10
宜蘭縣	11	5	4	20
花蓮縣	9	10	4	23
台東縣	9	8	10	27
總計	**70**	**70**	**40**	**180**

*台灣本島各行政區中基隆市、台北市、新竹市、嘉義市、台南市無畫設樣區

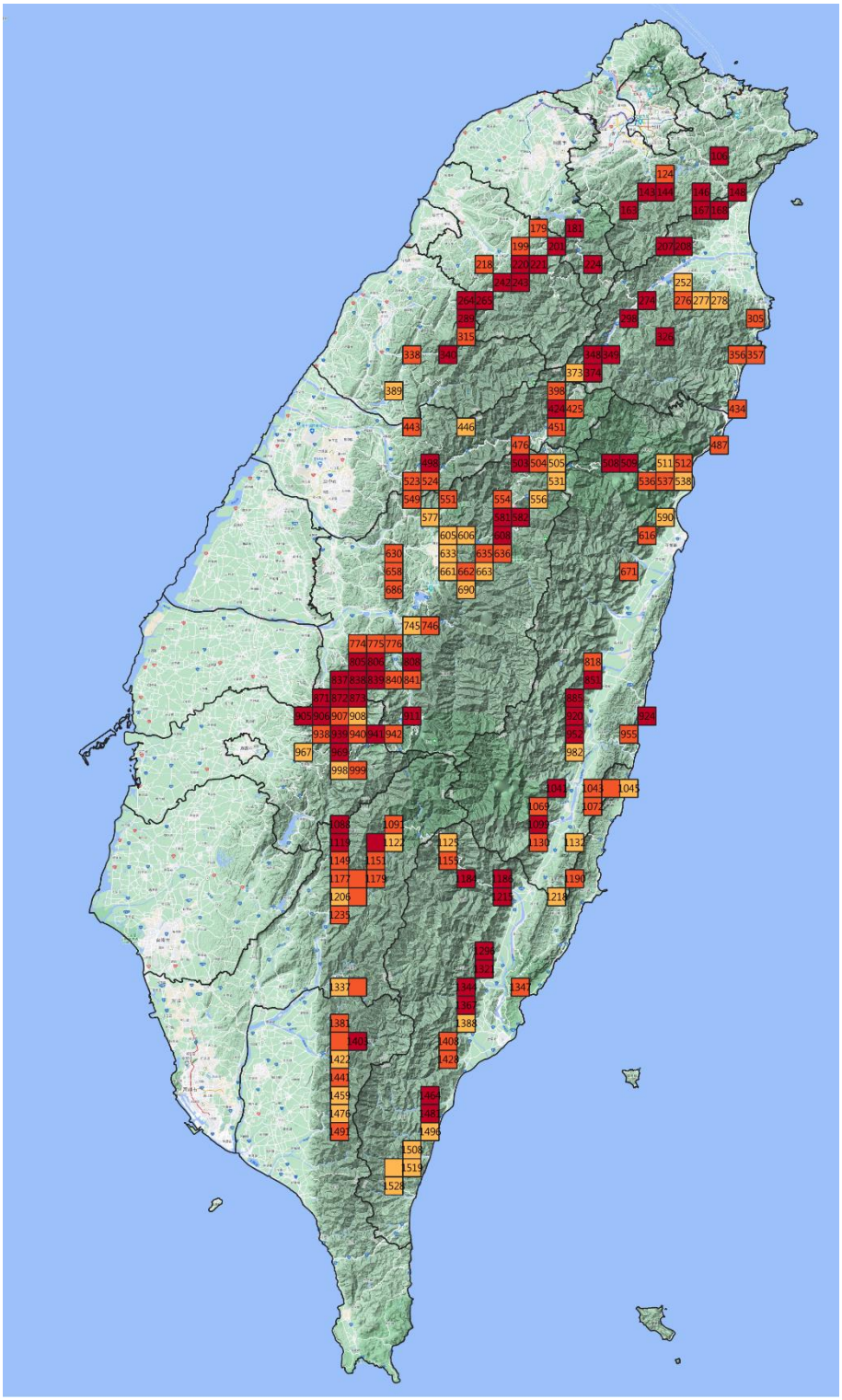


圖 4. 2019-2020 年熊鷹調查全台樣區分布。
（紅、橘、黃色網格分別為第一、二、三級樣區）

表 14. 各縣市各分級有熊鷹紀錄樣區。

行政區	第一級（Lv 1）	第二級（Lv 2）	第三級（Lv 3）	總計
新北市	2	0	0	2
桃園市	0	0	0	0
新竹縣	2	0	0	2
苗栗縣	1	0	0	1
台中市	0	2	1	3
南投縣	3	2	0	5
雲林縣	0	0	0	0
嘉義縣	0	0	0	0
高雄市	1	2	1	4
屏東縣	0	2	0	2
宜蘭縣	3	1	3	7
花蓮縣	3	2	2	7
台東縣	3	1	3	7
總計	**18**	**12**	**10**	**40**

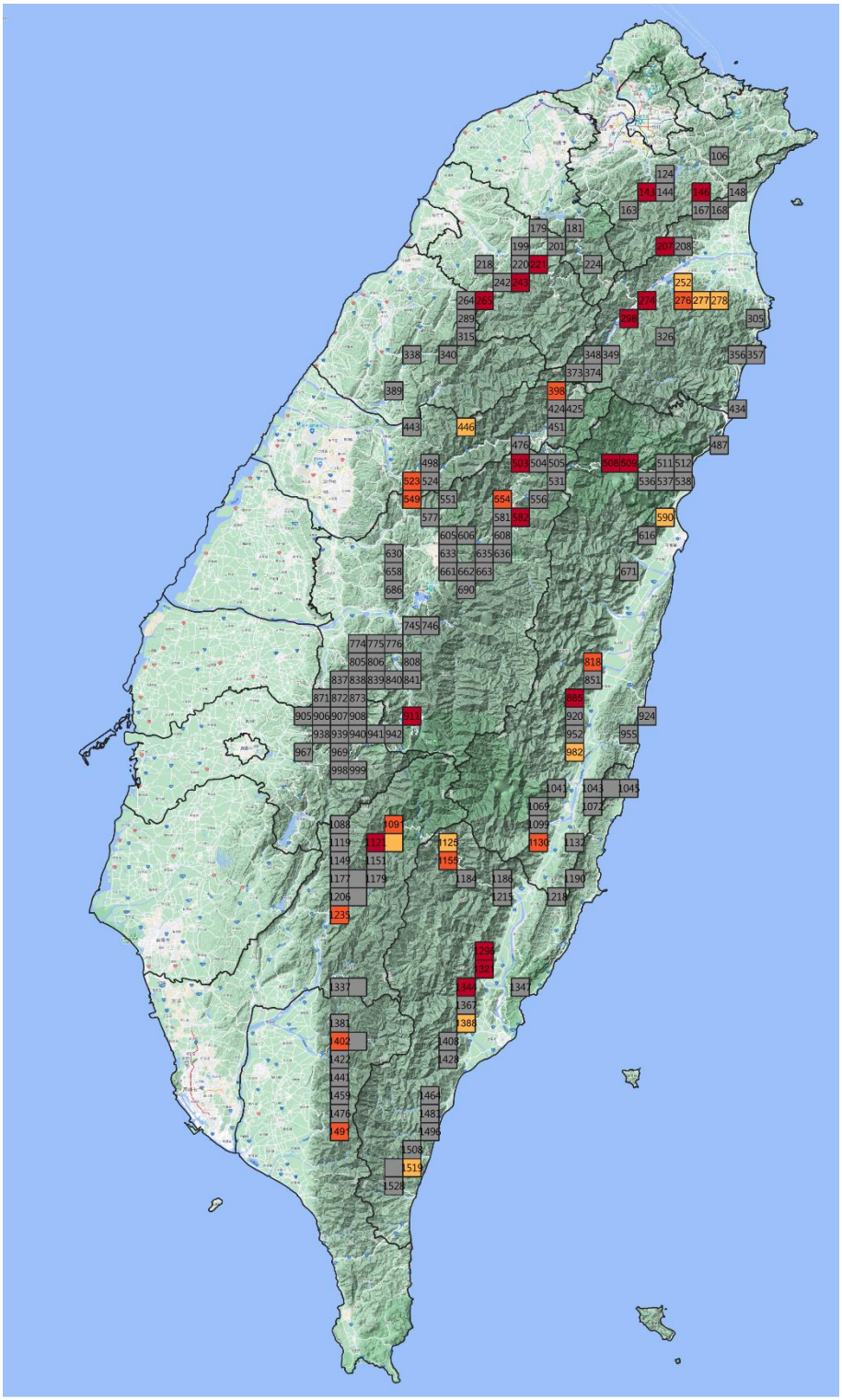


圖 5. 2019-2020 年熊鷹調查全台有熊鷹記錄之樣區分布。
（紅、橘、黃色網格分別為第一、二、三級樣區，灰色為未出現熊鷹紀錄樣區）

（五）、全台熊鷹族群估算

利用 Program PRESENCE 檢視分區（NS）及分級（lvl）對占據率之關係，結果顯示 AIC 值最小之模型為 psi(.),p(.)（表 15），因此在族群估算上我們首先採用不分區、不分級之全台樣區的占據率，而占據模型使用的前提是樣區間彼此獨立、目標物種沒有移入或是移出，因此以各旅次同時最大量之平均作為樣區物種豐度的基準。將全台網格數（646 個）、全台樣區的占據率（0.3763，95 %之信賴區間為 0.2653-0.5020）及平均各旅次之同時最大量（1.35 隻）相乘則可推估全台熊鷹族群數量為 328 隻（四捨五入至個位數），若取 95%信賴區間則為 231 至 438 隻（表 16）。

但由於 psi(NS),p(.)的ΔAIC 在 2 以下，代表分區對占據率有一定程度影響力，只是並非最佳模型組。因此我們也呈現利用這組數據所估算的熊鷹族群量做為參考。若將占據率依分區（南北）不分級計算，北區之熊鷹占據率為 0.4096，95 %信賴區間為 0.2524-0.5878，平均各旅次之同時最大量 1.3636 隻，樣區數為 366 個，換算北區熊鷹族群數約為 126 到 293 隻之間，平均為 204 隻；南區熊鷹占據率為 0.3431，95 %信賴區間為 0.1998-0.5220，平均各旅次之同時最大量 1.3333 隻，樣區數為 280 個，換算北區熊鷹族群數約為 75 到 206 隻之間，平均為 128 隻，南北合計為 332 隻（95 信賴區間為 201 隻至 499 隻）（表 16）。

psi(lvl),p(.)這組模型的ΔAIC 也在 2 以下，對占據率也有一定的影響力。但由於南北區的調查並非同一年進行，因此檢視分級是否會影響占據率時，我們將兩區的資料分開比較。經過 Program PRESENCE 計算後，在南北兩區之最佳模型均為 psi(.),p(.)，但兩區之 psi(lvl),p(.)之ΔAIC 均在 2 以下（表 17），代表分區對占據率的影響是可以參考的。若以南北兩區不分級之占據率進行族群估算，其結果如同前段所示；若將南北兩區的三個分級個別計算，北區第一級有 12 樣區在調查期間有熊鷹紀錄，為取樣數（35 個樣區）之 34.285 %，第二級為 14.286 %（5/35），第三級為 0.25 %（5/20）。利用調查時所獲得之偵測率，將北區各分級校正後占據率分別為 0.5697 ± 0.1586、0.3584 ± 0.2016 及 0.3372 ± 0.1408。以同樣方式計算 2019 年南區資料，第一級樣區有 17.143 %（6/35）樣區有熊鷹紀錄、第二級為 20 %（7/35）、第三級為 25 %（5/20），以偵測率校正過之占據率分別為第一級 0.2286 ± 0.0906、第二級 0.6746 ± 0.3611、第三級 0.3645 ± 0.1566（表）。利用上述占據率與 95%信賴區間計算的全台熊鷹族群量會介於 142 至 654 隻間，平均值為 403 隻（表 18）。

綜合以上三種不同占據模型來估計熊鷹族群的方法，以分區分級的估算方法所得的估計數量最高，而全台及僅分區則較低且十分接近(328 vs. 336)(表 19)。分區分級的方法估計值最高，主要原因是南北兩區占據率最高的等級，均是該等級總網格最多的，因此造成此方法的估計值偏高。此外，當使用分區分級的策略，其各組別的樣本數比全台或僅分區來得小，因此 95%信賴區間較大，導致加總後的估計信賴區間也較高。若最終採用此分區分級的策模來做估

計，也需注意此點。

孫元勳（2020）以兩種方式估算玉山國家公園範圍內之熊鷹族群數，其前提是假設熊鷹成鳥出現的地點都視為有一對熊鷹棲息。方法一是利用台東熊鷹之繁殖密度 9.4 km^2（孫，2007）為基準，並排除原始林面及未達一半的網格，推估國家公園範圍內有 73 對熊鷹；另一種方法為利用成鳥衛星追蹤之最小凸多邊形活動範圍（13 km^2）及國家公園內原始林及人工林面積之比例，加上目擊熊鷹成體與亞成體的比值，推算出玉山國家公園內有 142 至 230 隻熊鷹。本研究在玉山國家公園內之樣區數不多，但若以估算之台灣南島族群量做比較依然較低，推測原因可能為在樣區取樣時已依照分布預測機率排除熊鷹出現機率較低的網格，因此不列入最後族群量估算。此外本研究所採用的網格面積為 25 km^2，為孫元勳（2020）推估每對熊鷹領域面積之 1.9 至 2.7 倍，加上物種豐度計算的基數不同都可能是造成族群數估計有落差的原因。

利用占據模型做為長期監測之方法時，由於必須在短時間內重複調查，因此樣區取樣時勢必會排除較偏遠不易抵達的區域（例如需長時間步行進入的山區），計算熊鷹族群數的總網格數也會受到分布預測結果之影響。此外，在估計族群數時本研究所採用的基數為平均各旅次之同時最大量，因此就算在調查區域內有一對熊鷹存在，只要調查時沒有同時出現也會導致數量遭到低估，而這些都可能會造成族群估算上的誤差。要能有精準的族群估計是十分困難及複雜的事，目前的估計方法中，都還無法考慮到領域是否重疊及破碎棲地的利用狀況，也尚未明瞭不同棲地品質、海拔或其他共域大型猛禽對領域大小的影響。這些都還有待更多的個體追蹤資料方能逐漸了解其分布及棲地利用。

本研究證實占據模型的有條件式重複取樣，是有效建立熊鷹長期族群監測的方法。採用占據模型最大的優點，是可以利用可重複性的方法及固定的努力量，定期執行調查來檢視目標物種族群趨勢。此外，此方法除了提供估計族群量，並且提供統計信賴區估供檢視，並且能對大尺度的狀況有更好的掌握。因此建議未來主管機關可採用本研究中所建立的監測模式來了解熊鷹在全台尺度上的族群變化，所得到的趨勢資料將可做為調整物種經營管理策略的依據。

表 15. 樣區分區、分級與熊鷹占據率之可參考模型組。

Model	AIC	ΔAIC	AIC wgt	Model Likelihood	Significant digits
psi(.),p(.)	436.92	0.00	0.5279	1.0000	8.07
psi(lvl[1]),p(.)	438.83	1.91	0.2031	0.3848	6.28
psi(NS[2]),p(.)	438.92	2.00	0.1942	0.3679	3.62
psi(lvl,NS[3]),p(.)	440.88	3.91	0.0747	0.1416	4.15

[1]lvl：表樣區分級

[2]NS：表南北分區

表 16. 不分區及南北分區之網格數、占據率、平均單筆最大量及推估族群量。

分區	總網格數	平均單筆最大量	修正後占據率	95%信賴區間	族群最小值	族群平均值	族群最大值
全台	646	1.35	0.3763	0.2653-0.5020	231.37	328.17	437.79
北	366	1.3636	0.4096	0.2524-0.5878	125.97	204.43	293.36
南	280	1.3333	0.3431	0.1998-0.5220	74.59	128.09	206.07
北區、南區合計					200.56	332.52	499.43

表 17. 不同分區之分級於熊鷹占據率之可參考模型組。

	Model	AIC	ΔAIC	AIC wgt	Model Likelihood	Significant digits
北	psi(.),p(.)	237.78	0.00	0.6142	1.0000	6.85
	psi(lvl[1]),p(.)	238.71	0.93	0.3858	0.6281	6.20
南	psi(.),p(.)	202.60	0.00	0.6824	1.0000	8.09
	psi(lvl),p(.)	204.13	1.53	0.3176	0.4653	8.06

[1]lvl：表樣區分級

表 18. 南北各區各分級之網格數、占據率、平均單筆最大量及推估族群量。

分區	分級	總網格數	平均單筆最大量	修正後占據率	95%信賴區間	族群最小值	族群平均值	族群最大值
北	Lv1	214	1.4166	0.5697	0.2714-0.8247	82.28	172.71	250.01
	Lv2	68	1.4	0.3584	0.0911-0.7569	8.67	34.12	72.06
	Lv3	84	1.2	0.3372	0.1290-0.6362	13.00	33.99	64.13
南	Lv1	89	1.3333	0.2286	0.0977-0.4479	11.59	27.13	53.15
	Lv2	104	1.2857	0.6746	0.0762-0.9812	10.19	90.20	131.20
	Lv3	87	1.4	0.3645	0.1323-0.6833	16.11	44.40	83.23
合計						141.84	402.55	653.78

表 19. 三種熊鷹族群估算方法比較表。

分區	分級	族群最小值	族群平均值	族群最大值
不分區	不分級	231.37	328.17	437.79
分區	不分級	200.56	332.52	499.43
分區	分級	141.84	402.55	653.78

四、結論

1. 本年度共於 22 樣區記錄筆熊鷹，總共 60 筆、73 隻次。由於人鳥距離較遠，因此只有 20%的記錄可以分辨成幼，包含成鳥 14 隻次，未成鳥 3 隻次及幼鳥 3 隻次，其中宜蘭縣是八縣市中有熊鷹樣區數及記錄筆數最多的行政區。
2. 考量目標物種偵測率低之特性，本年度採用占據模型的有條件式重複取樣進行熊鷹調查。熊鷹的原始占據率為 0.244，偵測率為 0.364 ± 0.053，原始占據率經修正後為 0.41 ± 0.089。但調查點方圓 2000 公尺內之森林比例、闊葉林比例、混淆林比例及針葉林比例等土地利用因子並不影響熊鷹之占據率，而天氣及風速不會影響熊鷹之偵測率。
3. 於調查期間同時紀錄到的留棲性猛禽中，全季記錄筆數及隻次數最多的是大冠鷲，有 224 筆共 275 隻次，其次是鳳頭蒼鷹 114 筆、128 隻次，第三為林鵰的 101 筆、121 隻次。
4. 利用全台網格數（646 個）、全台樣區的占據率（0.3763，95 %之信賴區間為 0.2653-0.5020）及平均各旅次之同時最大量（1.35 隻）相乘則可推估全台熊鷹族群數量為 328 隻（四捨五入至個位數），若取 95%信賴區間則為 231 至 438 隻
5. 本系列研究所使用占據模型的有條件式重複取樣，是有效建立熊鷹長期族群監測的方法。利用此系列研究的數據及經驗，提供全台熊鷹監測系統未來規劃的建議。

五、建立全台熊鷹監測系統之建議

（一）調查目標

熊鷹為台灣稀有留鳥，分布於深山地區不易觀察，其性成熟時間長導致族群補充率低，相較於其他猛禽也面臨較大的獵捕壓力，因此亟待建立有效且系統化的族群監測模式來擬定保育策略。

占據模型（Occupancy modeling）的概念為以物種出現的有無資料（有出現為 1/ 未出現為 0），經換算後來評估物種的出現與否與棲地的關係。由於稀有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，若想降低此誤差必須提高勞力、時間或後勤的付出，但所得成果卻不一定能對等提高，因此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。

（二）樣區規劃

建立 5x5 公里之網格系統，並依熊鷹分布預測模型計算網格內熊鷹分布機率之平均值，各網格將依機率值高低分為一至四等級，並從第一

級至第三級各取樣 70、70 及 40 個網格做為樣區。每個樣區內選取一視野廣闊、可於半小時內自道路步行抵達之調查點。

（三）調查設計

採用占據模型的有條件式重複取樣（Conditional sampling design）將全季調查分為兩階段，調查期為 10 月至 12 月熊鷹繁殖期前期。第一階段每樣區執行兩次 60 分鐘的定點調查，一次選擇上午 8 時至 10 時（A 時段），一次為上午 10 時至 12 時（B 時段）。第一階段有熊鷹紀錄樣區將進入第二階段調查，此階段將執行三次 60 分鐘的定點調查，A、B 時段須至少各選一次，考量實際執行與交通所需時間，因此每次調查須至少有 30 分鐘在指定時段內進行。調查若因天候等不可抗力因素影響則可延後但以不超過 10 日為原則，而同一樣區兩次調查需間隔 7 日以上。

（四）野外方法

調查時所有發現的猛禽均須紀錄（只記錄目視發現之個體），項目包含時間、物種名、數量、發現方位、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，並紀錄調查時之天氣以及風速。未來監測時間建議以 4 年為一單位，因此預計下一次調查時間為 2023（南區）及 2024（北區）年，由於本次調查結果顯示南北兩區在熊鷹之占據率上並無顯著差異，若在人力及相關資源充裕的情況下可在同一年度執行全台的熊鷹監測調查。相反的，因為熊鷹的獵捕壓力大多來自於南部縣市，若資源有限，則至少應持續執行台灣南區之熊鷹系統性監測，以了解族群趨勢。

六、參考文獻

王克孝，2004。台東縣熊鷹分布調查計畫。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，2004。熊鷹，台灣受脅鳥類（方偉宏主編），第 80-82 頁。中華民國野鳥學會保育研究叢刊。138 頁。

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，2020。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成果報告。玉山國家公園管理處。

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。

陳恩理，2019。台灣熊鷹長期監測系統建立。108 年度行政院農業委員會林務局林業發展計畫。107 林發-9.1-保-17(2)。

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, S. M. Billerman, T. A. Fredericks, B. L. Sullivan, and C. L. Wood. 2019. The eBird/Clements Checklist of Birds of the

World: v2019. Downloaded from https://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.

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.

Hines, J.E., 2006. PRESENCE2-Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC, Laurel, MD.

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. 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. 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

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.

Specht, H.M., Reich, H.T., Iannarilli, F., Edwards, M. R., Stapleton, S. P., Weegman, M. D., Johnson, M. K., Yohannes, B. J., T. W. Arnold. 2017. Occupancy surveys with conditional replicates: An alternative sampling design for rare species. Methods Ecol Evol. 2017; 8: 1725– 1734.

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.

七、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
106	2.53	0.03	2.82	1.07	79.65	0.64	0.00	13.25	0.00
124	1.28	0.06	1.32	1.31	84.95	7.95	0.00	3.07	0.05
143	2.12	0.25	1.87	2.25	86.98	4.50	0.00	1.81	0.22
144	0.19	0.06	0.47	0.00	96.92	2.37	0.00	0.00	0.00
146	0.06	0.16	0.41	0.08	97.45	0.46	0.00	1.36	0.02
148	1.34	0.03	2.47	0.23	93.18	0.49	0.00	2.25	0.01
163	0.72	0.00	1.83	0.06	92.57	3.29	0.00	1.49	0.04
167	1.45	0.00	2.03	0.26	88.70	0.32	0.00	7.15	0.09
168	2.39	1.49	1.65	2.51	71.35	2.35	0.00	14.67	3.58
179	1.01	0.02	1.39	0.76	88.12	0.50	0.00	7.38	0.83
181	0.68	0.16	1.31	0.38	90.30	4.84	0.00	2.32	0.00
199	2.13	0.17	1.27	0.64	82.52	2.96	0.00	10.25	0.05
201	1.21	0.01	3.62	0.46	88.32	2.81	0.00	3.57	0.00
207	0.27	0.00	0.96	0.06	95.78	0.79	0.50	0.68	0.96
208	0.35	0.00	0.49	0.34	89.62	2.80	0.81	5.61	0.00
218	1.61	0.05	1.79	1.67	80.14	3.99	0.21	8.96	1.58
220	2.12	0.28	1.51	1.09	84.12	6.04	0.00	4.76	0.07

221	2.19	0.07	2.94	0.60	86.16	2.79	0.04	5.19	0.02
224	1.31	0.07	1.49	0.60	82.28	8.96	0.00	5.29	0.01
242	1.74	0.05	1.81	0.28	90.95	0.58	0.00	4.58	0.01
243	2.75	0.00	2.57	0.18	85.99	0.39	0.00	8.13	0.00
252	3.30	0.49	0.63	4.99	56.70	2.69	0.00	30.77	0.43
264	1.63	0.09	2.34	1.11	89.67	2.02	0.00	3.06	0.08
265	1.84	0.02	2.21	0.63	83.65	1.99	0.00	9.45	0.21
274	0.39	0.04	2.02	0.32	76.00	14.11	0.36	6.66	0.10
276	0.04	0.26	0.69	0.22	90.85	6.75	0.00	1.20	0.00
277	0.12	0.02	0.88	0.07	96.48	1.86	0.05	0.51	0.00
278	0.78	0.06	1.36	0.29	92.61	1.28	0.00	2.83	0.79
289	0.65	0.00	4.77	0.00	93.50	0.57	0.00	0.51	0.00
298	0.00	0.00	5.02	0.03	88.42	6.31	0.22	0.00	0.00
305	2.25	0.19	5.66	0.84	85.74	2.29	0.90	2.07	0.06
315	0.38	0.00	3.50	0.00	95.89	0.23	0.00	0.00	0.00
326	0.30	0.00	4.81	0.00	94.16	0.73	0.00	0.00	0.00
338	0.63	0.03	7.16	0.64	80.05	1.33	0.00	10.16	0.00
340	0.18	0.00	2.85	0.05	95.49	1.15	0.00	0.28	0.00
348	1.30	0.00	2.96	0.21	70.79	6.53	0.00	18.21	0.00
349	0.80	0.09	1.81	0.56	79.83	9.60	0.00	7.30	0.00
356	4.24	0.79	1.85	3.70	43.96	14.30	0.00	29.32	1.84
357	4.40	0.93	4.63	2.99	48.93	11.43	0.00	25.99	0.69
373	1.00	0.01	4.07	0.02	90.95	1.21	0.00	2.72	0.02

374	1.59	0.10	2.53	0.85	69.77	4.73	0.00	20.44	0.00
389	3.82	0.08	2.33	2.15	41.40	2.63	0.00	47.50	0.09
398	0.04	0.00	0.18	0.02	90.72	1.32	0.00	7.71	0.00
424	0.76	0.08	1.31	0.86	45.88	4.25	0.00	46.85	0.01
425	0.84	0.01	0.77	0.47	63.59	2.34	0.00	31.98	0.00
434	1.67	0.11	6.98	0.09	91.00	0.00	0.07	0.08	0.00
443	1.49	0.11	3.72	0.91	61.82	6.79	0.00	20.97	4.20
446	0.71	0.00	2.03	0.25	96.45	0.57	0.00	0.00	0.00
451	0.56	0.01	0.47	0.71	58.00	5.19	0.00	35.07	0.00
476	0.57	0.00	0.47	0.67	76.92	17.13	0.00	4.24	0.00
487	3.01	0.00	12.08	0.30	75.09	4.75	4.75	0.02	0.00
498	0.48	0.62	0.82	1.56	75.25	4.80	0.14	16.29	0.04
503	1.54	0.01	4.39	0.67	62.12	1.25	0.00	30.03	0.00
504	1.05	0.01	1.99	0.35	80.11	0.44	0.00	16.05	0.00
505	1.75	0.00	0.16	0.00	89.11	0.18	0.00	8.80	0.00
508	0.51	0.00	4.40	0.15	91.78	1.17	0.00	1.99	0.00
509	0.93	0.00	5.43	0.20	88.47	1.78	0.00	3.18	0.00
511	0.52	0.74	6.14	0.18	88.57	3.81	0.00	0.05	0.00
512	0.48	0.00	2.63	0.08	90.54	5.40	0.00	0.64	0.23
523	2.53	0.18	2.98	1.19	49.27	5.95	0.00	37.90	0.00
524	0.50	0.02	0.86	0.86	77.54	4.62	0.00	15.59	0.00
531	0.65	0.00	25.73	0.07	71.54	0.26	0.00	1.75	0.00
536	0.21	0.00	23.78	0.00	74.16	1.80	0.00	0.04	0.00

537	0.51	0.00	1.41	0.09	92.16	5.52	0.00	0.14	0.18
538	0.84	0.16	1.66	0.70	88.88	5.86	0.81	0.82	0.26
549	3.22	0.13	2.26	1.17	42.55	3.40	0.04	47.18	0.05
551	0.79	0.00	2.77	0.65	79.28	5.60	0.00	10.73	0.18
554	1.25	0.10	4.10	0.35	77.57	2.55	0.00	14.05	0.02
556	0.63	0.00	3.46	0.00	95.00	0.25	0.00	0.66	0.00
577	1.88	0.13	2.77	1.72	65.60	5.69	0.00	19.87	2.34
581	1.96	0.05	4.05	1.71	72.13	1.42	0.05	17.07	1.55
582	2.18	0.11	4.11	0.58	69.33	3.13	0.00	20.56	0.00
590	3.23	6.76	0.77	9.12	58.98	1.62	0.00	19.32	0.21
605	2.35	0.28	1.22	4.95	58.16	1.12	0.00	31.45	0.47
606	0.74	0.00	4.72	0.57	84.98	2.42	0.11	6.45	0.02
608	2.45	0.17	2.35	2.97	68.98	5.98	0.00	16.85	0.25
616	0.97	0.46	0.42	1.46	87.07	2.09	0.00	6.67	0.87
630	2.11	0.00	7.62	0.60	53.28	1.82	0.00	33.96	0.61
633	1.25	0.11	5.43	3.11	70.76	2.40	0.00	16.70	0.24
635	0.82	0.08	3.49	0.98	70.18	7.11	0.00	17.34	0.01
636	1.25	0.36	4.46	0.44	80.27	6.01	0.00	7.10	0.11
658	2.92	0.05	4.66	0.50	54.40	1.76	0.00	35.64	0.07
661	1.93	0.15	3.10	1.61	69.47	1.69	0.03	22.02	0.00
662	1.43	0.32	6.40	1.03	70.10	7.23	0.30	13.18	0.00
663	0.28	0.05	2.10	0.05	79.95	11.48	0.00	6.09	0.00
671	1.96	1.03	0.17	1.58	63.33	8.30	0.13	21.75	1.74

686	3.46	0.05	4.10	0.72	48.71	2.46	0.00	40.50	0.00
690	0.87	0.02	4.35	0.61	77.83	6.59	0.30	9.43	0.00
745	1.88	0.07	5.19	0.82	57.09	10.67	0.00	23.96	0.32
746	0.55	0.08	7.26	0.62	78.76	6.66	0.16	5.89	0.01
平均値	1.37	0.21	3.35	0.92	77.93	3.87	0.11	11.95	0.29
標準差	1.01	0.74	3.85	1.32	14.76	3.49	0.52	12.53	0.71