

會議照片



議題一簡報者：周大慶 博士



議題討論：周大慶 博士



議題二簡報者：李姮蒨 小姐



綜合議題討論：周大慶 博士



與會人員



綜合議題討論



彰化野鳥學會：李益鑫 先生



台灣猛禽研究會：楊建鴻 先生

附錄 15. 投稿論文稿一 (發表於第五屆環境論文研討會)

彰化地區黑翅鳶繁殖生物學

The breeding biology of Black-shouldered kite in Changhua County

許皓捷¹ 周大慶^{2,3,*}

Hau-Jie Shiu¹, and Ta-Ching Chou^{2,*}

¹ 國立台南大學生物科技學系
700 臺南市樹林街二段 33 號

² 黑潮環境生態顧問有限公司
402 台中市南區工學北路 27-12 號

³ 台灣生態學會
407 台中市西屯區福科路 685 號

*通訊作者 Tel: 886-4-2267-2431, E-mail: b.s.kite@gmail.com.tw

¹ Dept. of Ecoscience & Ecotechnology, National University of Tainan
33 Su-Lin St., Sec. 2, Tainan 700, TAIWAN

² Kuroshio Ecological Census Consultant Co., Ltd.
No.27-12, Gongsyue N. Rd., South District, Taichung City 402, Taiwan

³ Taiwan Academy of Ecology
No.685, Fuke Rd., Xitun Dist., Taichung City 407, Taiwan

* Corresponding author. Tel.: 886-4-2267-2431; Fax: 04-22672428; E-mail:
b.s.kite@gmail.com.tw

摘要

黑翅鳶為近年才出現於台灣地區的猛禽，有別於台灣現有其他多數棲息森林內部的居留性猛禽，這個新住民主要棲息於濱海至平原開闊區域。由於猛禽位居食物鏈高層，其存在與族群變動對生態系統有一定程度的影響，監測其數量和分布資料為建立該物種基礎訊息的第一步。本研究於 2009 年 8 月至 2010 年 10 月間經系統性調查發現黑翅鳶分布範圍並非僅侷限於福興鄉、芳苑鄉和大城鄉等濱海鄉鎮，目前已延伸至溪湖鎮、二林鎮、竹塘鄉和埤頭鄉等偏內陸平原鄉鎮。彰化縣目前有黑翅鳶繁殖的區域多集中在鹿港以南，以及台 19 省道以西的農業區域。調查期間族群數量呈現穩定上升趨勢，2010 年底之前這個區域最大單次調查數量達 89 隻次，顯示這個物種可能已經歷拓殖族群增長遲滯期(lag time)。黑翅鳶超過已知文獻的高生殖力，以及連續繁殖特性，有別於多數已知分布地區的文獻記載。目前發現研究區黑翅鳶全年繁殖特性，每月均可發現新築巢位，其平均年生育力可達 3.3 隻，孵蛋及育雛期 60.6 天，繁殖的間隔天數平均 50.4 天，一個繁殖週期約 111 天，一年可築巢至少 3 次。黑翅鳶的可連續繁殖的行為、雌親鳥育雛期可另與其他雄鳥配對繁殖、以及亞成鳥可參與繁殖等現象，促進了這個物種的高生育力。

此外，由黑翅鳶的繁殖棲地在地景上呈現不連續的分布形式，顯示黑翅鳶對繁殖棲地類型存在某些偏好。各棲地特徵經測量和比較顯示，在巢樹特徵方面距巢樹 1m 和 5m 遮蔽度與樹蔭垂直投影；在微棲地特徵方面的距道路最近距離、裸地覆蓋面積和喬木基礎斷面積；在巨棲地特徵方面的高蔗田面積比例、低耕地面積比例、低建物面積比例、低水體面積比例和距最近道路距離等變數，與對照組呈現顯著差異。研究期間的觀察也發現人為干擾普遍存在所有黑翅鳶繁殖期間，棄巢比例較高的階段為築巢期和孵蛋期。

關鍵字：黑翅鳶、*Elanus caeruleus*、繁殖、棲地選擇、生育力

Abstract

The black-shouldered kites which prefer open habitats, including grassland, agriculture areas, savannas, pastures and edges of road are newly colonized in Taiwan for the last decade. After an intensive survey of study areas from August 2009 to October 2010, we found that the black-shouldered kites do not only inhabit coastal townships but scatter in agricultural area of south of Lukang and west of Provincial highway 19 of Changhua County. The highest number of individuals in single census is 89 and a steady growth of the population indicated in the surveys. By surveying nests 2 to 4 times per week during the study, the black-shouldered kite was found to breed all the year round in study area. A high fecundity performance was proved by an average of 3.3 fledglings per territorial pair per year, and a short time interval of 50.4 days between consecutive breeding attempts than ever found. The characteristics of nest trees (higher coverage at 1m & 5m and shadow projection), microhabitats (larger distance to nearest road, lower naked land coverage and basal area), and macrohabitats (higher sugar cane coverage; lower cultivation coverage, building coverage and water coverage, distance roads) are significantly different between the nest sites and random selecting sites. Human activities influenced kites and their habitats are pervasive and frequently caused abandonment to their nests in nesting and hatching period.

Keywords: Black-shouldered kite, *Elanus caeruleus*, reproduction, habitat selection, fecundity

前言

黑翅鳶屬(genus *Elanus*)為鷹科(Accipitridae)成員下一類外型似隼的猛禽，最典型的習性就是像隼一樣在草地上空定點振翅的習性(Negro *et al.* 2006)。其體長 31-35cm，翼展 75-87cm，重量 197-343g。雌、雄個體外型近似，雌鳥約較雄鳥約大 15%。其黑、白、灰羽色相當醒目，翅背面前緣(初級飛羽)黑色，胸、腹及尾下白色。像隼一樣的長翅膀，似貓頭鷹一樣朝前的眼睛有著鮮紅的虹膜。眼先及眼後有黑斑似黑色眼影。喙黑色，喙基黏膜鮮黃色，尾方形(Ali & Ripley 1978)。黑翅鳶分布由歐洲的伊比利亞半島西南、非洲撒哈拉以南、阿拉伯半島西南角、東巴基斯坦到中國東南與印度、馬來半島、菲律賓群島，和部份的印尼和澳洲等地(Ferguson-Lees & Christie 2001；高等 2002；林等 2004)。

台灣在 1996 年之前從未有黑翅鳶發現紀錄，因此曾經被定位為迷鳥(顏 1996)。但 1998 年首現於貢寮之後，台灣各地每年都有目擊紀錄。自從 1999 年在嘉義鰲鼓地區發現了定居的黑翅鳶之後，兩年內即產生繁殖族群並向外擴散(翁 2005；蕭 2001)。彰化地區從 2002 年底開始記載黑翅鳶個體，2009 年彰化縣沿海所有鄉鎮即有繁殖的紀錄。

這個物種在台灣的擴張現象，也發生在歐洲和亞洲的中國(Salim 2002；林等 2004；Mebs & Schmidt 2006；Balbontin *et al.* 2008)。在中國，黑翅鳶原為雲南的留鳥，廣西和

浙江的夏候鳥，偶見於河北(高 1995)，近二十年起逐漸擴張到海南和沿海的廣東、福建、江西和山東等省份(唐等 1993；史 1998；唐&陳 2001；高等 2002；單等 2005)。而近十年中國東南省份的黑翅鳶繁殖族群也有日漸增加趨勢。在歐洲，20 世紀中葉之前的發現資料顯示黑翅鳶為迷鳥，一直到 1963 年才有第一筆繁殖證據出現在西南歐的伊比利半島的報導，而在最近 30 年黑翅鳶在歐洲更經歷了明顯的範圍擴張，繁殖的嘗試往北延伸到西南法國和鄰近諸國(Duchateau & Delage 2006)。

黑翅鳶的出現與繁殖，使台灣的濱海至平原無森林分布的開闊地帶增添了食物鏈高級捕食者，由於非遷徙過境季節缺乏相同生態位階競爭者，推測此物種族群拓展與分布的初期擴張速率可能會相當快，因此其族群變化和對於生態系統的影響值得密切關注(郭 2008)。但這個物種在台灣活動與繁殖的棲地以非自然狀態的農耕地為主，因此容易和各種人類活動如交通運輸、農業生產、土地利用方式產生衝突(謝等 2010)。

猛禽為自然環境中的高級消費者，有助於其食物鏈下的獵物族群調節(Fulk 1976)，因此任何猛禽族群的變動均可能牽動生態系統的平衡。此外，猛禽對棲地變化敏感、數量少、族群補充慢等特性，因此許多猛禽的研究都圍繞著族群和生殖成功率為主題。因此，本研究目的藉由族群量調查、棲地特色調查和生殖參數的分析，包括族群的繁殖季長短、繁殖頻度、離巢數、離巢成功率、年生育力等，以了解這個物種族群變化趨勢。這也是對這個和人類互動頻繁的保育類物種在經營管理上最基本且最優先的工作。

研究區域

本研究調查地點位於彰化縣中山高速公路以西至海岸線區域(圖 1)。彰化縣國道 1 號高速公路以西共包含伸港鄉、線西鄉、和美鎮、鹿港鎮、福興鄉、埔鹽鄉、芳苑鄉、二林鎮、大城鄉、竹塘鄉全區及部分範圍之彰化市、秀水鄉、溪湖鎮、田尾鄉、埤頭鄉、溪州鄉等鄉鎮，人口組成從東北側高密度的和美鎮、鹿港鎮等向西南至人口密度較低的竹塘鄉、線西鄉及大城鄉等(彰化縣政府民政處 2009)。研究區土地利用形式包含了高密度住宅區、工商業區、農墾區、漁塭區與極少數的次生林和造林地。整個研究地區的基質(matrix)為人類所創造的地景為主，植群結構受到農業活動、人為建築物、排水與道路等的切割，形成不連續的綠色區塊。鄉鎮社區的植物組成大多由外來種植物與本土種植物等混合，農耕地區的植物組成除了經濟作物之外，也包含平地造林地與次生林所組成的荒地。故整個研究地區的地景呈現不同土地利用和作物種植的格局(彰化縣政府 1989；蘇等 1996；彭等 1997)。

依據中央氣象局大城台西氣象站資料(統計期間 1993~2009 年)，本區屬海島熱帶氣候區，當地年均溫 22.9°C，年雨量 1093.7 公厘，雨季集中於春季梅雨及夏、秋之颱風季節，年降雨日約 90 天，全年 5 月至 8 月為雨量之高峰期，9 月至 1 月為相對乾季。本區最冷月為 1 月及 2 月份(16.4°C)，全年溫度略高，各月份平均溫度均高於植物生長最低限制溫度 5°C(圖 2)(行政院交通部 2009)。

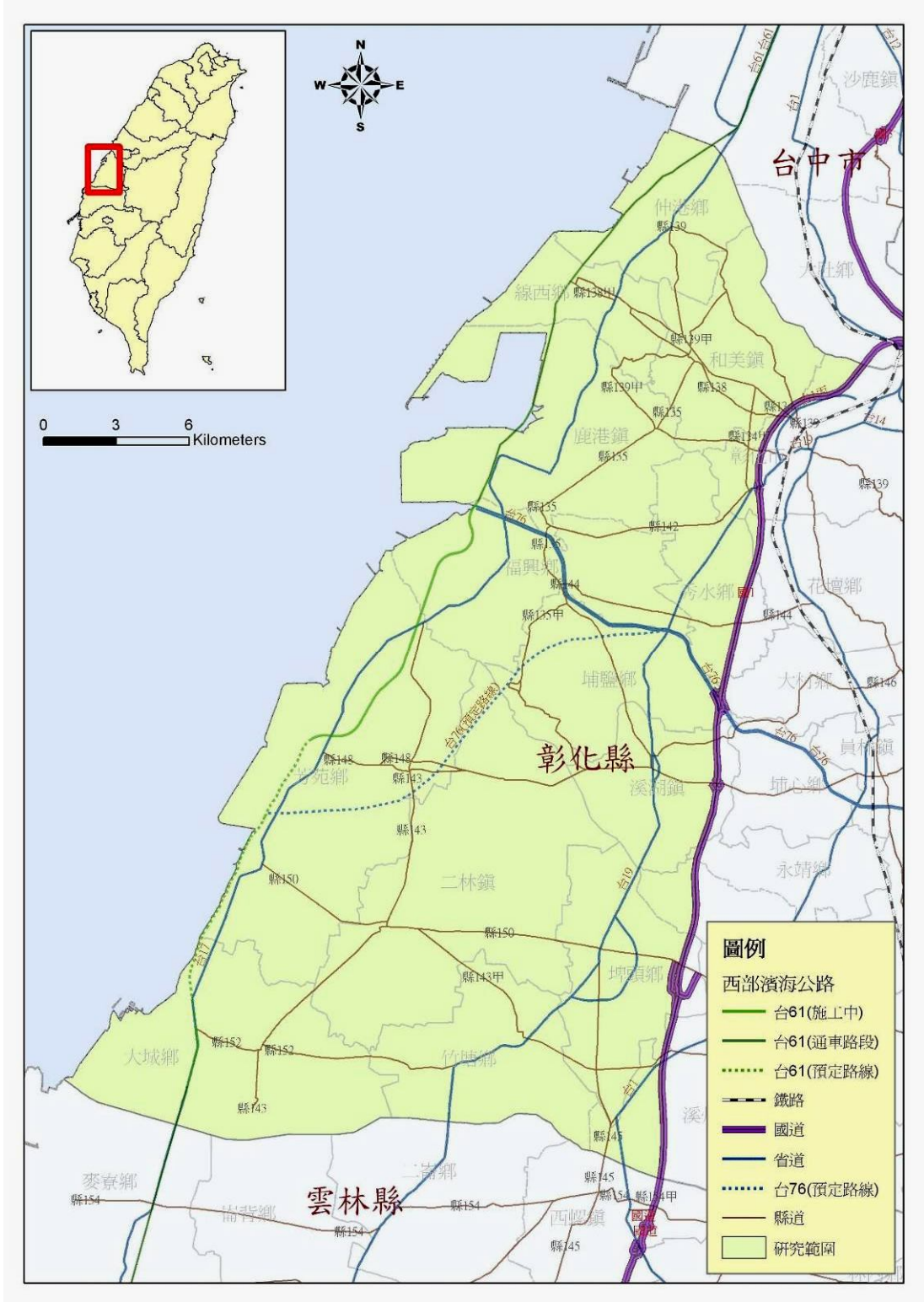


圖 1. 研究範圍

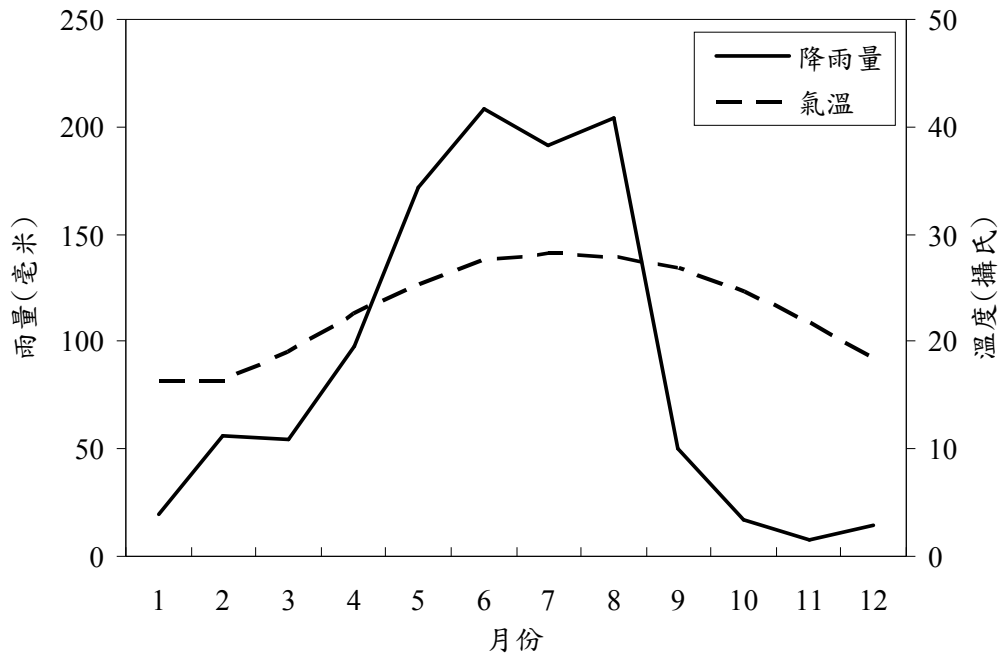


圖 2. 研究地區 1993~2011 年各月份平均溫度與雨量變化圖

研究方法

個體及巢位搜尋

將彰化縣濱海地區至中山高間區域，劃分成729個1×1 Km網格，計畫開始先於研究範圍進行一次地毯式普查，搜尋所有網格的黑翅鳶出沒區域和環境特色，第一次普查未發現黑翅鳶分布區域，後續每兩個月至少再進行一次搜尋確認，每次普查於一週內完成。普查若有發現黑翅鳶族群棲息，則每週至少返回發現地點1次確認個體變動狀況，若有繁殖行為則每週至少察看1-3次，並記錄繁殖和棲地利用等資訊。調查人員以系統化方式尋找黑翅鳶活動跡象，調查時以車輛抵達各調查網格，沿現場道路如小徑和農路將適合黑翅鳶棲息環境逐一搜索，包括巢位、個體、聲音等。並攜帶手持式GPS (Garmin 60CSx)、對講機、紀錄本、地圖、8倍以上的雙筒望遠鏡(WILLIAM OPTICS 10×42; SWAROVSKI 8×32)和20~60倍單筒望遠鏡(Zeiss 20×60)，情況與距離許可則同時以攝影機或高倍率照相機紀錄。

繁殖行為觀察

繁殖行為觀察與記錄重點包含：(1) 繁殖與交配行為及個體成幼；(2) 築巢與分工；(3) 孵蛋行為，記錄巢中雌鳥孵蛋行為與雄鳥遞食行為；(4) 孵化記錄，由行為轉變或根據巢樹下細小白色排遺及破碎蛋殼的發現，作為孵化之依據；(5) 成功孵化以發現親鳥餵食雛鳥動作或其他跡象作為成功孵化之依據。在配對個體的性別判斷上，雖然黑翅鳶的雌鳥體型略大於雄鳥，但差異並不顯著，主要以騎乘、孵卵等行為判斷；(6) 幼雛數或離巢數；(7) 築巢、孵蛋、育雛各生殖階段日期；(8) 巢附近人為活動和農業活動等紀錄；(9) 失敗原因及類型。上述數據經整理後，依照下列公式計算各種繁殖參數。

繁殖成功率的計算採用兩種方法，分別是梅菲爾法(Mayfield method)(Mayfield 1961, 1975; Johnson 1979)和直接法(Apparent method)(Klett & Johnson 1982; Johnson & Shaffer 1990)。

直接法繁殖成功率 = (No. of successful nests / No. of total nests)

No. of successful nests = 有至少一隻幼鳥成功離巢的巢數總和

No. of total nests = 所有發現的巢位總和

梅菲爾法成功率 $s = (1 - N_i / N_t)^{\text{(brooding days)}}$

N_i = 失敗的巢數總和

N_t = 各巢存活天數總和

brooding days = 平均孵化期天數 + 平均育雛期天數

由於黑翅鳶一年不只繁殖一次，因此生育力計算方法參考Nagy & Holmes (2004)對於兩次(double brood)或多次繁殖(mutiple brood)，以及失敗後再築巢(rebuild)情況，定義年生殖力(annual fecundity)為每隻雌鳥每年可產生離巢幼鳥的總數。

間隔天數的計算為前一巢幼鳥離巢日至下一巢築巢日的相隔天數。本研究捨棄不確定築巢日期的資料，或者同時築多個巢的情況。繁殖間隔天數計算的樣本取自同一領域對的先後巢位，為避免領域對離開領域或被其他繁殖對搶佔，我們僅採用前後巢位使用相同巢樹，或者巢位變動距離在最近相鄰巢間距內(已知為近相鄰距離約 200m)。且兩次繁殖期領域個體沒有在領域中消失超過 3 天以上，亦沒有發生其他個體明顯領域競爭行為以確保為同一繁殖對。

棲地利用模式調查

本研究在繁殖棲地利用透過三種尺度來探討：(1)巢與巢樹的特徵；(2)微棲地的特徵；(3)巨棲地的特徵。各尺度棲地變因的描述詳附錄1，藉由比較巢位組和逢機取樣的對照組，以了解黑翅鳶繁殖棲地是否具有選擇偏好，各種尺度變因的蒐集方法如下：

巢的測量項目包括巢位所在分叉、巢距巢樹距離、巢高，方法說明如下：(1)巢位所在分叉利用望遠鏡觀察由主幹算起至巢位的第幾處分叉；(2)巢距巢樹距離於幼鳥離巢後，在樹下以皮尺丈量巢位垂直投影地面的中心點至主幹距離；(3)巢的高度由研究者先以皮尺丈量巢位垂直投影地面的中心點至研究者水平直線距離，再以此距離為依據產生一個測量點，研究者站在此點上利用測高器(clinometer)測量巢距離研究者視線的高度，此高度再加上研究人員的身高為巢至地面的高度，測量單位測至0.01m。

巢樹的測量項目包括樹種、樹高(h)、胸高徑(dbh)、距樹基1m處的覆蓋、距樹基5m處的覆蓋、樹幅的平均投影直徑，步驟說明如下：(1)巢樹的種類現場鑑定或採樣後另行檢索；(2)樹高採取和巢高類似的測量方式測量地面至樹頂高度；(3)胸高徑測量使用150cm皮尺或胸徑尺，由樹基往上130cm高度處的樹幹圓周，單位測至小數點後一位。若測量巢樹胸高徑時發現有分叉情形，則一併測量，在計算胸高斷面積後再換算成一根樹幹的胸徑；(4)距巢樹主幹1m和5m處的冠層覆蓋度利用24格半球面鏡密度計測量(Spherical Densimeter Model-A, BAP Equipment Ltd.)，以巢樹為中心，分別在東、西、南、北、東北、東南、西北、西南八個方位各距離巢樹1m與

5m處讀取1次樹冠層覆蓋度，並由此8個讀數求平均覆蓋度，且為了避免讀取數據時人為主觀上的偏差，所有的樹冠層覆蓋度皆由同一人測量及讀取；(5) 樹幅的垂直投影由東-西、南-北、東北-西南、東南-西北四個方位測量樹冠在地面最大的直徑求取平均。

對照樣樹的選取是要驗證黑翅鳶在築巢領域內的巢樹是否有選擇性，因此在已知約略最近巢間距的範圍內逢機選取一棵樹，進行成對檢定。選取的方法主要是以現場巢樹為中心，在附近選取另一棵隨機配對的樣樹。樣樹的產生方式為：利用抽籤的方式，隨機選取一個角度，決定角度之後，再繼續利用抽籤的方式，以距離巢樹20m至200m的範圍內，隨機選取出一段距離；決定角度和距離之後，當研究人員抵達該點後，選擇一棵距離此點位最近的喬木作為隨機樣樹；而根據本研究的調查得知，已知最小的巢樹胸高徑為15cm，故隨機樣樹的胸高徑必須大於15cm以上才會被選定。在各項變數蒐集完成後，巢樹組與對照組利用SPSS第11版進行Wilcoxon signed-rank test，以瞭解黑翅鳶在巢樹選擇的變數上是否有差異性。

微棲地的測量範圍與項目參考國內現有猛禽棲地選擇研究(Chen 1997；周2005；周2006；胡2008)略加以調整，將本研究中巢四周微棲地範圍定義為以巢樹為中心，其周圍0.16ha的範圍。為避免偽重複的樣本，若同一活動區有重複利用巢樹，或微棲地的範圍有重疊之處，則選取最晚發現的巢樹進行巢樹和微棲地特徵測量。微棲地的測量項目分為喬木組成、地面覆蓋度和至最近地面特徵距離，茲說明如下：

微棲地植株特徵測量的項目包括：(1)記錄樣區內所有喬木(胸高徑 $>1\text{cm}$)的數量及(2)高度，並鑑定樹木種名，如無法現場鑑定則採集枝條返回實驗室比對圖鑑；樹高和胸高徑採用與測量巢樹一樣的方式，將結果帶回計算胸高斷面積總和(m^2/ha) (平方公尺/公頃)，以及樹木密度(棵樹/公頃)。

微棲地地面覆蓋特徵測量項目包括以皮尺丈量樹林、裸地、水、草地等四項變數在0.16 ha樣區內的覆蓋區域邊緣長度後計算面積(m^2)，對於不規則形狀則加以切割測量至 1m^2 以上的最小矩形以估算面積，小於 1m^2 的區塊則以目視估計。

對照組微棲地的選擇是隨對照組樣樹選定之後，再以選定的對照樣樹為中心，比照上述巢樹微棲地特徵測量各項變數。並在資料蒐集完成後與對照組利用SPSS第11版進行Wilcoxon signed-rank test，以瞭解黑翅鳶在微觀尺度下，棲地選擇是否有選擇性。

巨棲地的測量半徑根據已知黑翅鳶最近相鄰巢間距約為150m(謝等 2009)，這可能是黑翅鳶在巢位選擇下最小的地景空間選擇條件，因此本研究巨棲地的測量以巢樹為中心，分別以半徑150m、300m、500m範圍進行調查。若相鄰巢位巨棲地的範圍有重疊的情況發生，為避免偽重複(pseudoreplication)的樣本，本研究以最晚發現的巢納入巨棲地分析。此外，在本研究樣區中，若有軍事用地管制區的地理景觀無法顯示在航照圖上，且現場亦無法測繪情況則放棄該樣本不進行測量。

土地利用調查針對各巨棲地尺度範圍內的土地區塊利用方式、數量、面積等，進行測量與分析，以了解地景組成與巢位分布的關聯性。不同半徑的地景範圍內土地區塊類型區分為農、林、漁、牧、建、水域等六大類；調查利用方式分為使用中

和非使用中；土地或設施依後續干擾調查結果再將利用頻度和強度加以分級；植被調查項目包括作物類別和平均高度，作物類別分為蔗田、水田和其他雜作；植被高度則區分為六個等級，分別為第0級：裸地；第1級：0~50cm；第2級：51~100cm；第3級：101~150cm；第4級：151~200cm；第5級：201cm以上；種植期長短區分為長期作物和短期作物(6個月以內)，以上變數視調查情況放入模型。各區塊面積數化使用地理資訊系統(GIS)軟體ArcGIS 9.3版進行操作，以農林航空測量所之數值航空正射影像(於2001年至2005年所拍攝，以下簡稱航照圖)為基本圖層，利用GIS軟體中的Buffer(環域)功能，輸入各個巢的座標後，由GIS軟體自動描繪出以巢為中心，半徑150m的範圍；再利用Shapefile檔將範圍內的土地區塊進行數化，並比對現場地貌，圖層屬性資料表欄位包含，時間、巨棲地代號、區塊編號、土地利用方式、植被型態、作物期、類別、平均高度等訊息。數化後的土地區塊以ArcGis 9.3計算各區塊的面積(m²)、邊緣長度(m)、面積百分比與區塊的數量。

巢樹至最近地表特徵距離利用手持式雷射測距儀或皮尺測量至最近人徑、最近道路、最近水源、最近建物等四項變數，此四項變數的定義為：(1) 最近人徑-為巢樹至最近可步行的小徑或人行道的距離；(2) 最近道路-為巢樹至最近可通行車輛的道路距離；(3) 最近水源-巢樹至最近穩定地面水體的距離，本研究中所測量的水體並不一定是永久性的水體(如：河流或池塘等)，但必須是在繁殖期間持續存在可供黑翅鳶飲用或清潔的水體；(4) 最近建物-為巢樹至最近人為建築物的距離，人為建築物是以經常有人類使用或居住的建築物為主，所有測量值的單位皆為m。

對照組巨棲地的選取以整個研究區為範圍，逢機取樣後和巢位組各巨棲地尺度內土地特徵加以比較。取樣的方法利用ArcGIS 9.3的延伸模組Hawth's tools，於彰化縣中山高速公路以西的研究區域地圖上，以亂數方式產生座標做為現場調查點。至現場排除落於聚落和水域的調查點；且對照組的巨棲地必須至少要涵蓋一塊開闊區域。在資料蒐集完成後利用SPSS第11版統計軟體進行Mann-Whitney U 檢定，以瞭解黑翅鳶在不同巨觀尺度下，棲地選擇是否有選擇性。

微棲地與巨棲地對照組的選取與測量時機等幼鳥離巢後且親鳥不在巢區附近活動才進行。如有成鳥在附近活動，為避免干擾造成親鳥後續不敢使用舊巢問題，調查人員另擇時間測量。或黃昏時確認親鳥不在巢位附近棲息，於夜間進行調查。

結果

黑翅鳶普查數量與分布範圍

研究期間研究區進行 10 次普查，歷次普查所發現黑翅鳶數量由第一次的 15 隻次增加至第十次的 89 隻次數量最高；各次普查黑翅鳶出現網格數目介於 20-44 格(表 1)，總共有 112 個網格曾出現黑翅鳶個體，其中僅 39 格有巢位分布(圖 3 紅色斜線網格)。各次普查發現黑翅鳶布區域不盡相同，顯示未繁殖黑翅鳶遊走習性。

表 1. 黑翅鳶歷次普查隻數與網格分布

普查次數	發現隻次	分布網格數	分布比例
1	15	20	2.74%
2	29	34	4.66%
3	41	36	4.94%

4	45	34	4.66%
5	69	56	7.68%
6	73	54	7.41%
7	70	45	6.17%
8	88	42	5.76%
9	89	44	6.04%
10	103	44	6.04%

研究期間，研究區總計發現 45 個領域對 (territory pair)。此 45 個領域對在觀察期間累計修築了 95 個巢位，各月繁殖中巢位數量介於 1-27 個，計劃開始最低，2010 年 9 月最高，9、10 月份因數個颱風侵襲，摧毀 10 個巢位，否則同時繁殖中巢位數量可能更高。將各月最大繁殖中巢位數量、累計巢位、及累計繁殖區依時間軸做圖(圖 4)，顯示各月最大繁殖中巢位數量、累計巢位、及累計繁殖區數值呈現穩定上升趨勢，顯示彰化濱海黑翅鳶繁殖族群呈現增長。

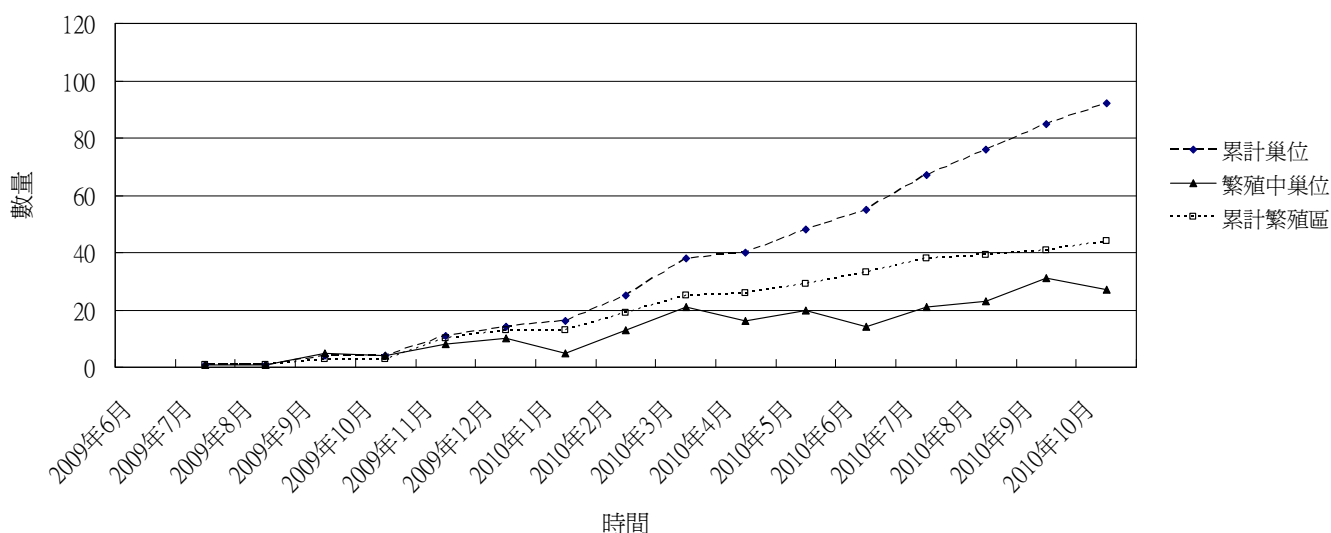


圖 4. 研究區黑翅鳶累計發現巢位、各月繁殖中巢位及累計繁殖區

繁殖存活率與成敗比例

在 95 個發現的巢位中，研究期間結束繁殖的巢有 83 個，以直接法(apparent method)計算孵蛋及育雛繁殖成功的比例為 44.6%，以梅菲爾法為 57.8%。造成巢位繁殖失敗，天然因素 (颱風和鋒面)佔全部巢位數量 19.3% (n=16)；人為因素佔 30.1% (n=25)。人為因素中依序為農業活動佔 21.7% (n=18)、幼鳥被獵捕佔 6.0% (n=5)、捕鼠活動干擾佔 1.2% (n=1)、工程活動干擾佔 1.2% (n=1)。上述梅菲爾法公式計算所需的孵化期參考嘉義地區研究團隊提供資料(謝等 2009)，計算孵化期介於 25 至 30 天的資料，得到平均孵化期 27.8 天(n=44)，育雛期 32.8 天(n=29)。

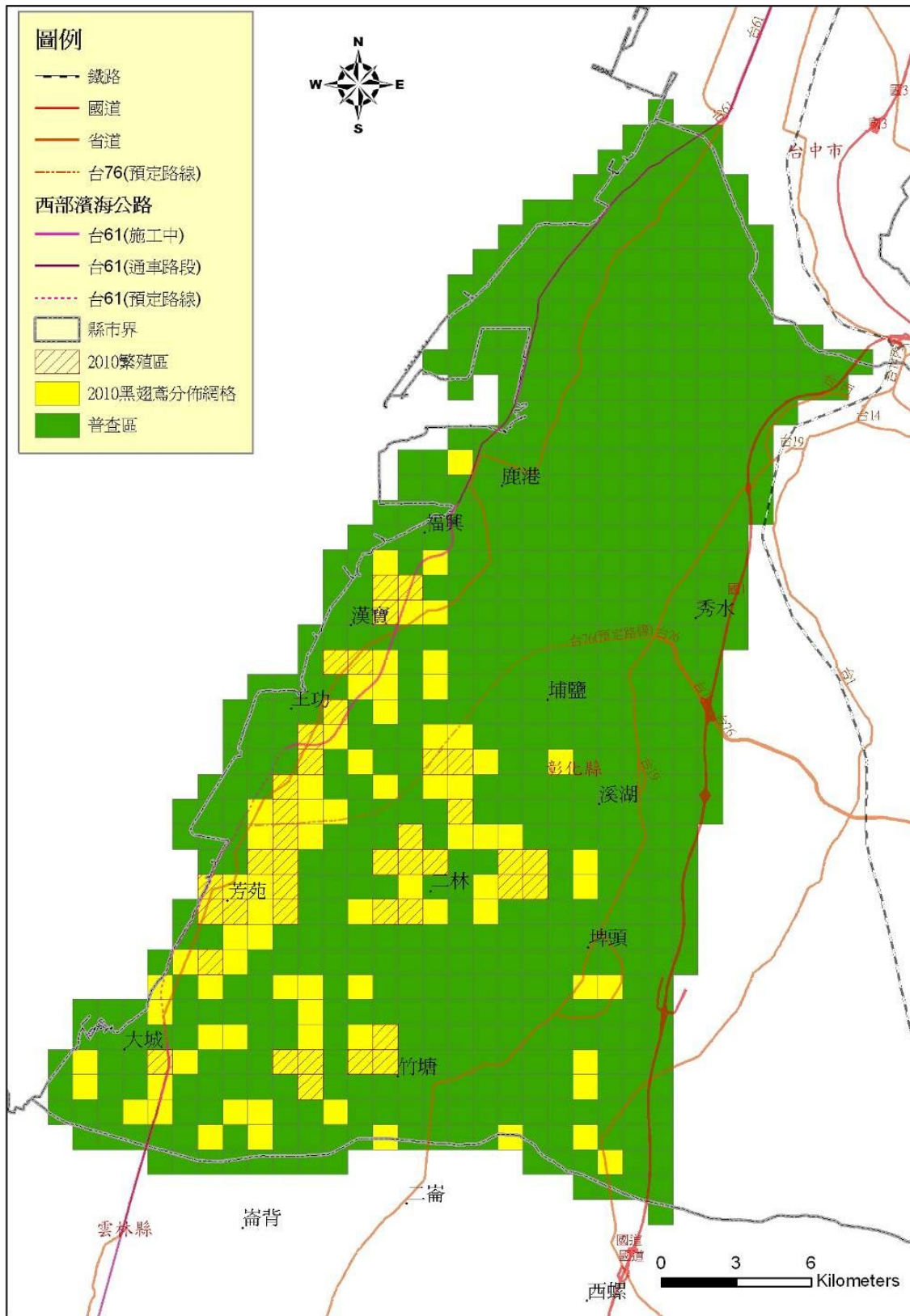


圖 3. 普查期間 (2009 年 11 月至 2010 年 10 月) 黑翅鳶出現網格。

黑翅鳶繁殖族群數量

連續繁殖巢位的間隔天數

已知配對鳥持續出現在前、後巢位的相同地景內，且巢位變動在已知最小巢間距內資料共有 55 組，扣除其中因不只築一個巢(n=3)、巢位使用時間重疊(n=3)、資料收集不完整(n=2)、特殊狀況等，僅分析 47 筆資料。同一區連續先後兩巢繁殖間隔天數介於 0~226 天，平均間隔天數 50.4 天。其中繁殖成功(60.3±49.6 天，n=22)或失敗(51.4±57.2，n=25)的巢位間隔經檢定並無明顯差異(Mann-Whitney U test, P=0.366)。而失敗的巢位中，受人為干擾而失敗的巢位(57.6±62.3 天，n=18)雖然相較遭遇天然因素而失敗的巢位(35.7±41.2 天，n=7)間隔長，但檢定之後也差異不顯著(Mann-Whitney U test, P=0.347)。再比較不同地景繁殖成功和失敗巢位的間隔天數，即蔗田和其它耕地之間，結果也是差異不顯著(Mann-Whitney U test, P=0.802)

表 2. 連續繁殖巢位的前後間隔天數比較

類別	N	Mean (days)	SD	P-value ⁺
整體	成功	22	60.3	0.366
	失敗	25	51.4	
失敗	人為因素	18	57.6	0.347
	天然因素	7	35.7	
地景	蔗田	32	52.8	0.802
	其它耕地	15	61.5	

⁺ p value of Mann-Whitney U test

繁殖棲地忠誠度

95 個巢中，被重覆利用的巢位有 16 個，佔 16.8%；重複利用舊巢樹 28 次，佔 29.5%。視覺上同質且相連地景內同時繁殖相鄰巢位的巢間距介於 133.0~497.0m，平均距離 390.6±131.4 m (n=16)。同一區域，連續繁殖巢位先後 2 巢間移動距離介於 0-337.1m，平均移動距離 81.2 ± 92.8m (n=44)，其中有 13 次(29.5%)沒有移動。47 個連續繁殖的巢位有 42 個巢樹下周圍在繁殖期間經歷至少 1 次最多 4 次的全面收割、翻土或施肥等大型農業機具活動而無棄巢，顯示黑翅鳶除了對於舊巢位具有忠誠度，也可以容忍部分大規模農業活動的干擾和機具噪音。

生育力

研究區所發現的 45 個領域對，各對築巢次數介於 1-7 次，平均 2.3±1.9 次。離巢雛鳥總數介於 0-10 隻，95 窩總計 98 隻離巢，平均每巢 1.2±0.8 隻。得到年生育力為 2.14 隻(平均繁殖次數 1.98×平均離巢數 1.08)。由於部份區域的繁殖對觀察期間不滿一年，若將各領域對實際觀察天數的生育力推算年生育力則高達 3.3±4.0 隻/每對。另外，比較蔗田和雜作耕地地景的生育力差異，結果差異並不顯著(Mann-Whitney U test, P=0.098)。

特殊繁殖行為

研究期間發現黑翅鳶特殊的繁殖行為有：(1) 同時築多巢，其中一巢失敗後立即換至已接近築好的備用巢；(2) 幼鳥未離巢前，其親鳥開始另築新巢；(3) 雌鳥在其配偶尚在育雛期間，與另一隻雄鳥配對轉孵新巢，但又經常回到原巢位向雄鳥索食。這些現象使得繁殖的機率和頻度較一般猛禽一夫一妻的制度更高。

棲地利用

巢樹種類

在所有觀測巢位中，發現使用兩種樹種和一種結構物為築巢的基礎，樹種為木麻黃(*Casuarina equisetifolia* L.)(n=92 棵)和綠竹(*Bambusa oldhamii* Munro)(n=1 棵)，結構物為高壓電塔(n=2 座)，以木麻黃使用的比例最高。

巢位所在地景

95 個巢位所在環境主要地景可粗分為 2 大類，分別為蔗田(63 巢)和雜作耕地(32 巢)。雜作耕地包括各種果園、水稻田、造林苗圃、網室種植、短期作物、種植綠肥或休耕的農地。由於蔗田面積僅佔彰化縣平原農地面積 1.23%，顯示黑翅鳶明顯偏好利用蔗田環境繁殖。

棲地特色

本計畫研究期間已測量巢樹僅木麻黃 1 種，共 38 棵，另一種類綠竹靠近已測量取樣巢樹而未測量。木麻黃通常為各巢所在地景植被中較高或突出的樹木，平均相對樹高為 95.8%(相對於半徑 150m 範圍內最高樹木的百分比)。經測量巢距主幹 0.7 ± 0.5 m (n=38)，在 38 個巢位中有 11 巢位選在從主幹基部算起第 2 級分支(25.7%)(表 11)。

相較於對照組，巢樹變數各項測值檢定結果顯示：1m 覆蓋度($82.7 \pm 14.7\%$, median 88.0%, range 42.7-100%)、5m 覆蓋度($52.3 \pm 15.7\%$, median 52.1%, range 19.8-90.2%)、垂直投影(7.3 ± 2.2 cm, median 7.6cm, range 2.1-12.1cm)和對照組差異顯著($p < 0.05$)(表 11)。

微棲地變數中，基礎斷面積、裸地覆蓋率(median 0cm, range 0-79cm, 13.6 \pm 24.1%)及巨棲地變數的巢樹至最近可通行車輛的道路距離(136.6 ± 88.2 m, median 113m, range 0-395m)與對照組差異顯著，其餘巨棲地變數例如至最近可行小徑和建築物的距離差異不顯著。

將巢樹組與對照組具顯著差異的變數，放入二元邏輯迴歸模型，其結果發現距巢樹主幹 5m 冠層覆蓋度越高(logistic regression; $B=0.044$, $SE=0.021$, $p=0.04$, odd ratio=1.045, 95% boundary of odd ratio=1.002-1.089)，以及與道路距離越遠的樹木(logistic regression; $B=0.066$, $SE=0.003$, $p=0.034$, odd ratio=1.006, 95% boundary of odd ratio=1.000-1.013)，越有可能為黑翅鳶所利用。

表 3. 巢位組與對照組的棲地環境特徵及比較

	變數	巢樹組	對照組	N	P-value ⁺
巢位	巢高(m)	9.6 ± 3.8	-	38	-
	距主幹(m)	0.7 ± 1.1	-	38	-
	分級枝	2-3 級	-	38	-
巢樹	樹高(m)	12.7 ± 3.8	11.1 ± 4.9	38	0.081
	胸高徑(cm)	38.8 ± 12.9	37.8 ± 18.6	38	0.79
	1m 覆蓋(%)	82.7 ± 14.7	70.6 ± 23.3	38	0.02*
	5m 覆蓋(%)	52.3 ± 15.7	35.6 ± 22.4	38	<0.001***
	垂直投影(m)	7.3 ± 2.2	5.8 ± 3.0	38	<0.001***
微棲地	喬木密度(棵/ha)	13.7 ± 27.0	6.9 ± 8.6	36	0.447

變數	巢樹組	對照組	N	P-value ⁺
平均樹高(m)	12.7 ± 3.8	11.1 ± 4.9	38	0.994
基礎斷面積(m ²)	7.6	6.4		<0.001***
林覆蓋(%)	8.2 ± 7.3	6.6 ± 9.2	38	0.081
裸地(%)	13.6 ± 24.1	27.4 ± 28.4	38	0.025*
水覆蓋(%)	2.2 ± 6.5	4.4 ± 9.4	38	0.234
草地覆蓋(%)	84.3 ± 25.8	68.8 ± 28.6	38	0.837
巨棲地 最近道路(m)	136.6 ± 88.2	74.4 ± 10.8	38	0.003**
最近人徑(m)	10.9 ± 22.1	10.8 ± 42.0	38	0.306
最近水源(m)	28.7 ± 44.7	20.5 ± 36.4	38	0.234
最近建物(m)	361.8 ± 212.7	306.8 ± 238.8	38	0.088

⁺ P value of Wilcoxon signed-rank test

* P value is statistically significant ; ** P value is very significant ; *** P value is extremely significant

地景尺度棲地特色分析顯示各類土地利用類型組成的面積以及其他地景變數之差異，經檢定結果顯示，在半徑 150 m 下，蔗田面積、農耕地面積、建物面積、水體面積、總區塊數、總區塊周長、區塊多樣性、區塊均勻度與對照組有顯著差異(n=31)，而樹木數量與不臨路的樹木數量(n=33)皆顯著多於對照組(n=21)。在半徑 300m 下，蔗田面積、農耕地面積、建物面積、總區塊數和總區塊周長與對照組有顯著差異(n=26)，全部的樹木數量與不臨路的樹木數量(n=33)顯著多於對照組(n=30)；而在半徑 500m 下，蔗田面積、農耕地面積、魚塭面積、建物面積、水體面積、總區塊數、總區塊周長、區塊多樣性及區塊均勻度與對照組有顯著差異(n=26)，全部的樹木數量與不臨路的樹木數量(n=30)顯著多於對照組(n=30) (表 12)。

表 4. 巢位組(n=30)與對照組(n=31)的各地景空間尺度下環境特徵比較

土地類型	尺度								
	150m		300m ⁺		500m				
	巢位組	對照組	P-value ⁺	巢位組	對照組	P-value ⁺	巢位組	對照組	P-value ⁺
蔗田	44.50%	8.70%	0.001**	38.10%	7.00%	<0.001***	28.60%	1.80%	<0.001***
農耕地	14.00%	44.70%	<0.001***	18.10%	47.00%	<0.001***	23.80%	49.10%	<0.001***
休耕地	30.60%	22.20%	0.786	27.90%	20.60%	0.749	26.50%	20.30%	0.438
樹林	0.60%	2.40%	0.214	1.60%	1.40%	0.793	1.80%	1.10%	0.415
漁	2.20%	0.70%	0.878	2.50%	2.20%	0.229	3.70%	2.30%	0.041**
牧	-	-	None	0.70%	0.30%	0.278	1.10%	-	0.163
建物	5.20%	13.30%	0.005**	6.20%	13.10%	0.009**	8.10%	15.30%	0.011**
水體	0.10%	3.30%	0.002**	0.30%	3.60%	<0.001***	2.70%	4.50%	0.064
鄉道	-	0.20%	None	0.30%	0.60%	0.097	0.60%	0.70%	0.555
鋪面道路	2.80%	4.40%	0.103	3.30%	4.00%	0.532	3.40%	3.90%	0.357
總區塊數	19.6	37.6	<0.001***	66.5	119.6	<0.001***	183.8	302	<0.001***
總區塊周長(Km)	4.8	7.8	<0.001***	19.3	29.0	<0.001***	56.8	78.5	<0.001***
樹木數量	14.27	4.46	0.01*	21.73	5.84	0.03*	25.46	8.01	0.04*
不臨路樹木數量	11.55	3.31	<0.001***	14.10	2.07	<0.001***	17.03	3.41	<0.001***
區塊多樣性(H')	0.67	0.99	0.001**	0.99	1.13	0.085	1.27	1.18	0.234
區塊均勻度(E)	0.49	0.59	0.036*	0.54	0.59	0.271	0.6	0.58	0.406

⁺ P value of Mann-Whitney U test

* P value is statistically significant ; ** P value is very significant ; *** P value is extremely significant

- measurement is lower than 0.01 %

討論

本研究顯示彰化濱海地區黑翅鳶全年皆可繁殖，結果和嘉義地區的觀察 (謝等 2009) 相同，此全年皆可繁殖現象為世界首見。和台灣緯度接近的福建廈門地區，林清賢等(2004)的觀察顯示黑翅鳶繁殖期僅在 4~12 月。黑翅鳶繁殖季隨不同地理區的氣候和食物豐富度而不同，例如分布於古北區西半部的黑翅鳶族群主要是從二月底到八月初繁殖；在南非越靠近熱帶地區族群的繁殖季較長，有時一季繁衍兩次，文獻顯示雖然很多月份都可以發現蛋和幼雛 (Mendelsohn 1989, 1997)，是因為南非跨越相當大緯度範圍之故。

將彰化地區孵蛋和育雛期約 60.6 天和繁殖間隔約 50.4 天相加得到整個繁殖週期約 111.0 天，顯示若無天然或人為干擾，且食物充足，理想上黑翅鳶一年約可繁殖三次。接近謝等人(2009)於嘉義地區研究，發現 2008 年 1 月至 2009 年 7 月期間，單一繁殖對最多築巢 9 次(包括繁殖失敗)。也類似於南非地區的研究，某一雌鳥 19 個月內繁殖(築巢)了 7 次，平均 2.7 個月繁殖一次 (Ferguson-Lees & Christie 2001)，以上顯示此物種生殖潛能很大，但受到不同地域氣候和環境資源影響而有不同表現。有關孵蛋和育雛所需的時間顯示溫帶較熱帶為長。在熱帶的東南亞地區孵蛋期平均 26 天(25-28 天)(Sungei Buloh Wetlands Reserve 2010)；溫帶南非約 30 天(Ferguson-Lee & Christi 2001；Mebs & Schmidt 2006)；溫帶的西南歐洲孵蛋期 30-33 天，育雛期 30-35 天(Mebs & Schmidt 2006)。嘉義地區的孵蛋期觀察平均 28 天(25-30 天，n=3)，離巢期平均 30 天(25-35 天)(謝等 2010)，台灣氣候介於溫帶和熱帶之間，孵化期天數介於溫帶和熱帶的孵化期之間應屬合理。

食物和棲地為影響猛禽分布與存活的最主要因子，充足的食物來源可以提高猛禽的生殖潛能。黑翅鳶為高度小型哺乳類專食者(Manosa *et al.* 2005)，主要獵物為小型的鼠類 (Stendell 1967；Stendell 1972；Manosa *et al.* 2005)，也包含其他的物種如小型鳥類、爬蟲類、昆蟲等，但鼠類之外的獵物頻度和生物量較偏低(Parejo *et al.* 2001；林&葉 2002；林&謝 2004)。由於台灣平原農業區鼠類密度甚高(簡等 1993；簡等 1994；簡等 2004；陳&陳 2004)，推測黑翅鳶在台灣食物應該不虞缺乏，這或許是台灣的黑翅鳶有高於其他地方兩倍以上的生育力。

目前彰化濱海的黑翅鳶族群擴張現象，顯示其增長潛能大於目前各種土地利用、人為活動干擾等環境壓力，對於這個台灣新住民族群的發展應該不需擔心。回顧台灣地區過往文獻資料，黑翅鳶 1998 年首次於台北縣貢寮發現後，族群即不斷擴張，中華民國野鳥學會鳥類資料庫資料顯示，過去十年雖然各縣市發現個體零星，但已出現全省多數沿海縣市。到了本研究期間，黑翅鳶已廣泛分布彰化縣中山高以西所有鄉鎮，而據本研究作者踏勘發現黑翅鳶在台灣西部濱海繁殖棲地北達桃園縣，南抵台南縣四草鄉(作者私人通訊)，這些區域共同的特徵為開闊農耕環境，或者相對較低少人為活動的草生地如休耕地、河床高灘地或海埔新生地。

類似的分布擴張情形在近二十年內也發生在中國大陸和歐洲南部(Salim 2002；Mebs & Schmidt 2006；Balbontin *et al.* 2008)。林等(2004)認為黑翅鳶較長的繁殖期、高生殖力、高幼鳥存活率等繁殖特色，以及較強的適應人類環境的能力，加上大陸沿海都市發展，許多勞動人口湧入都市，產生許多廢耕農田使鼠類數量增加更加速黑翅鳶的擴張，可能是其分布範圍快速擴展的主因(林等 2004)。在歐洲，Balbontin *et al.* (2008)推測黑翅鳶在歐洲伊比利半島的範圍擴張可能歸因於氣候變遷、土地利用改變或以上兩者。以上報導顯示無論是亞洲或歐洲甚至台灣，黑翅鳶的族群擴張似乎都和人類改變地景有關 (Balbontin *et al.*, 2008)。

猛禽巢樹選擇通常具地方特色，彰化濱海黑翅鳶主要利用巢樹為木麻黃，這可能是木麻黃為研究區具優勢的較高樹種，過往在福興地區的研究也顯示以木麻黃為主(公路總局西部濱海公路中區工程處, 2008)。但在福建雖然同樣以木麻黃最普遍，偶而也在其他抗風的大葉桉和楓香上築巢(林等 2004)。然而在嘉義地區的研究雖然同樣以木麻黃佔多數，但樹種較具多樣性，目前已知嘉義地區黑翅鳶至少利用 15 個物種，包括南美假櫻桃、黑板樹、構樹、小葉南洋杉、肯氏南洋杉、破布子、竹、刺桐、銀合歡、大王椰子、檸檬桉等(郭 2008；謝等 2009；謝等 2010)。

猛禽巢樹的選擇對繁殖的成功與否影響相當重要。本研究顯示黑翅鳶對舊巢樹具有相當程度忠誠度，可能是可供選擇的大樹有限，這一點由巢位組的和對照組大樹的部分特徵差異顯著可以發現，尤其是許多巢樹在經歷許多大規模農業活動干擾，甚至人為捕捉幼鳥後仍然被使用可以證明。台灣地區沿海因夏季颱風侵襲頻繁，容易造成大樹折損，可能使得適合營巢的大樹有限，也因此對於曾被利用的歷史巢樹的保護有其必要。相較其他樹木豐富地區，例如福建地區黑翅鳶每次繁殖重新築巢，以往的巢遺棄不用(林等 2004)。

在微棲地利用上，本研究認為微棲地環境變數中有三項差異顯著，巢樹組高基礎斷面積(7.6 m^2 , $P < 0.001$)和低裸地面積比例(13.6% , $p = 0.03$)、巢樹至最近可通行車輛的道路距離較遠(136.6 m , $p = 0.003$)，其餘變數如至最近可行小徑、水體和建築物距離等則差異不顯著。基礎斷面積代表一個區域中的立體空間被枝幹所佔據的狀態，數值越大代表空間中的樹木量體越大，可能不利黑翅鳶偵察觀望巢附近環境或者天敵接進近，分析發現最大單一斷面積為巢樹，顯示若巢樹為鄰近區域最高樹則上述疑慮則不存在。裸地面積比例低代表植生狀態高，環境較自然。至於巢至最近可通行車輛的道路距離較遠，可能代表較少受到來自道路的威脅或干擾的影響。

黑翅鳶築巢構造物具多樣性，在非洲貧瘠東岸甚至在無大樹環境會在地上築巢，但利用人工構造物如電塔在過往文獻不曾記載過。如果黑翅鳶可以利用人工構造，則對於此物種後續棲地保護增加了可採行的方向。可以仿效馬來半島田間大量安置倉鴉巢箱的方式，設置巢台以保育此物種並抑制鼠害，不過實施的前提要確定黑翅鳶的族群增長不會對其他原生物種生態產生明顯危害。

由於土地利用方式變化對覓食和築巢有一定的影響，在本研究顯示彰化濱海地區黑翅鳶偏好相對較大區塊(patch)的地景，這個結果似乎和美洲同屬的白尾鳶習性有所不同。在美國加州橘郡對於和黑翅鳶同屬的白尾鳶(*Elanus leucurus*)的棲地選擇研究顯示，白尾鳶偏好該區相對綴塊狀棲地(patchy habitat)(Niemela, 2007)而非大塊連續棲地，其解釋為大面積耕作的地景多樣性低，可能獵物數量也低。該研究所謂「小區塊」的鑲嵌地景指的是不同植被鑲嵌體，屬於自然度高的野地。相較本計畫區蔗田之外的農耕地多屬於高度集約雜作，土地操作頻度遠高於北美，過多的人為活動干擾反而不利黑翅鳶的棲地利用。

在巨棲地調查上，發現黑翅鳶偏好利用棲地的環境特徵與較低的人為干擾有關，例如較高的蔗田比例、較低的使用中耕地比例、較低的建物皆代表較低的農業操作頻度，顯示這個物種雖然適應人類農耕環境，但對於人類的活動具有戒心，可能需要保持一定緩衝距離。黑翅鳶對人類環境的適應力強，這是許多文獻指出黑翅鳶分布範圍擴大的原

因之一。於波扎那(Botswana)地區的研究顯示較適應人類所改變環境的物種，保護區域外的族群量反而多於保護區域內，如食腐性物種或仰賴農業活動物種，其中包含黑翅鳶(Herremans & Herremans-Tonnoeyr 2000)。

有關黑翅鳶的垂直海拔分布文獻資料顯示，在大陸雲南分布可達海拔 2000m 的高山草原或草甸等環境 (高 2002；趙 1995)，在非洲山區甚至可達 3000m 的高原草原(Ferguson-Lees & Christie 2001)。在大陸東南沿海調查顯示黑翅鳶分布於平原和曠野小山丘樹林邊緣。國內過往文獻資料僅顯示黑翅鳶族群目前僅分布濱海及鄰近平原區域(郭 2008)，由於黑翅鳶偏好在開闊地活動，其翅形與習性不適合在森林內活動，因此開闊草地和小型哺乳類分布可能是吸引黑翅鳶的環境，所以在台灣內陸平原土地的利用狀況、都市聚落密集度和森林分布可能限制其活動範圍。

本研究認為現有棲地，只要不受到人為破壞與持續性干擾，使用舊繁殖區的機會極高(郭 2008)。彰化西部濱海現有農業雖然存在少數對黑翅鳶繁殖不利的現象，但整體經營狀態對於目前黑翅鳶族群增長應是正面的。例如儘管所有耕作中蔗田，或者多數休耕地經常因種植綠肥或夾雜小塊復耕農地而有干擾，但只要不直接侵犯巢樹或巢位，黑翅鳶對於翻土、播種和收成等大規模機具噪音呈現相當程度適應，特別是已投資孵蛋或育雛的巢位容忍度最高，在持續干擾中經常可以維持至幼鳥離巢。至於築巢中的個體受到驚擾則往往等到各階段農業活動暫告一段落後才又繼續築巢工作。這些現象顯示，儘管在黑翅鳶棲地中充滿各種人為干擾(巢位反覆被干擾或雛鳥持續被獵捕)，只要原先地景還存在，黑翅鳶在採取暫時躲避的策略後，在土地利用回到休耕或低頻度操作狀態之後仍然會回到原棲地繼續繁殖。

結論與建議

研究顯示黑翅鳶對於繁殖棲地具有選擇性，族群主要集中分布地景如蔗田為黑翅鳶在彰化縣及西部平原重要棲地。各種農業、土地開發、獵捕等人為活動的直接干擾才是繁殖失敗主因，針對研究期間蒐集的各種可能潛在影響提出經營管理建議如下：

1. 重要棲地經營管理

黑翅鳶拓殖初期區域，密度和生育力較高區域為內陸蔗田環境，屬於最優先維護或經營管理的區域，其次為濱海休耕地和雜作耕地。雜作耕地雖然鼠類豐富且人為活動密度較低，但由於棲地較破碎，使得利用個體數量較少，但這些零碎的衛星棲地具有庇護所功能，特別在蔗田收割、翻土、扦插、施肥期間。針對以上棲地監測與經營管理需要建立保育團體、保育主管機關、和土地管理單位的橫向溝通管道與合作機制。

2. 棲地特徵與經營管理利用方向

本研究發現黑翅鳶在巢樹、微棲地、巨棲地等各種尺度上對多項棲地特徵具有選擇性，各尺度下變數略有不同。但高基礎斷面積、低裸地面積比例、較遠至最近可通行車輛道路距離、較大耕地區塊面積、較少建物數量等，符合上述條件的棲地為優先經營管理區域。

3. 族群增長與生態環境監測

彰化地區黑翅鳶族群高於其他地理區近 2 倍生育能力和連續繁殖現象，可能歸因於台灣地區四季氣候溫和、食物豐富、無旱澇及冰雪季節中斷黑翅鳶繁殖，而充分釋放其繁殖潛能，此現象與族群增長變化需要進一步長期監測對其食物鏈組成和生態環境可能產生的影響和變化。此外黑翅鳶利用高壓電塔或鋼構電信基地台等人

工結構繁殖，在過往文獻不曾記載，後續發展值得注意。

誌謝

本研究經費由交通部西濱工程處補助。

參考文獻

- Ali, S. and S. D. Ripley. 1978. Handbook of the birds of India and Pakistan. Volume 1. Oxford University Press. pp. 212–214.
- Balbontin, J., J. J. Negro, J. H. Sarasola, J. J. Ferrero and D. Rivera. 2008. "Land-use changes may explain the recent range expansion of the Black-shouldered Kite *Elanus caeruleus* in southern Europe". *Ibis* 150 (4): 707–716.
- Chen, H. S., 1997. Observations of the breeding biology and the effects of habitat fragmentation on Formosan Crested Goshawks (*Accipiter trivirgatus formosae*) in Kenting National Park, Taiwan. Master thesis, Biological Science, Arkansas State University, Fayetteville.
- Ferguson-Lees, J. and D. A. Christie. 2001. Raptors of the World. Houghton Mifflin, New York.
- Fulk, G. W. 1976. Owl predation and rodent mortality: a case study. *Mammalia* 40: 423-427.
- Herremans, M. and D. Herremans-Tonnoeyr. 2000. Land use and the conservation status of raptors in Botswana. *Biological Conservation*. 94(1): 31-41.
- Johnson, D. H. 1979. Estimating nest success: the Mayfield method and an alternative. *Auk* 96: 651-661.
- Johnson, D. H. and Shaffer, T. L. 1990. Estimating nest success: when Mayfield wins. *Auk* 107, pp. 595-600.
- Klett, A.T., and Johnson, D. H. 1982. Variability in nest survival rates and implications to nesting studies. *Auk* 99, pp. 77-87.
- Manosa, S., G. Montes, G. Bota and J. Bonfil. 2005. Black-shouldered kite *Elanus caeruleus* diet in an area recently colonized in the north-east of the Iberian Peninsula. *Revista Catalana d'Ornitologia* 21: 11-16.
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255-261.
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- Mebs, T. and D. Schmidt. 2006. Die Greifvögel Europas, Nordafrikas und Vorderasiens. Kosmos Verlag.
- Mendelsohn, J. M. 1989. Population biology and breeding success of Black-shouldered Kites *Elanus leucurus*. Pp. 211-225 in B.-U. Meyburg and R.D. Chancellor (eds.), *Raptors in the modern world*. World Working Group on Birds of Prey, Berlin.
- Mendelsohn, J. M. 1997. Black-shouldered Kite. Pp. 170-171 in J.A. Harrison *et al.* (eds.), *The atlas of South African birds*. Volume 1: Non-passerines. BirdLife South Africa and Avian Demography Unit, Johannesburg, South Africa.
- Nagy, L. R. and R. T. Holmes. 2004. Factors influencing fecundity in migratory songbirds: is nest predation the most important? *Journal of Avian Biology* 35: 487-491.
- Negro, J. J., C. Pertoldi, E. Randi, J. J. Ferrero, J. M. López-Caballero, D. Rivera, and E. Korpimäki. 2006. Convergent evolution of *Elanus* kite and the owls. *Journal of Raptor Research* 40:222–225.
- Niemela, C. A. 2007. Landscape characteristics surrounding white-tailed kite nest sites in southwestern California. Thesis of the faculty of Humboldt State University.
- Parejo, D. and J. M. Aviles. 2001. Communal roosting and diet of black-shouldered kites (*Elanus caeruleus*) wintering in southern Spain. *Journal of Raptor Research*. 35(2): 162-164.
- Salim, M. A. 2002. "The first records, including breeding, of Black-winged Kite *Elanus*
-

-
- caeruleus* in Iraq". Sandgrouse 24 (2): 136-137.
- Stendell, R. C. 1967. Food and feeding behavior of the white-tailed kite near Santa Barbara, California. M.A. Thesis. University of California, Santa Barbara. 56 pp.
- Stendell, R. C. 1972. The occurrence, food habits, and nesting strategy of white-tailed kites in relation to a fluctuating vole population. Ph.D. Dissertation. University of California, Berkeley. 224 pp.
- Sungei Buloh Wetlands Reserve. 2010. Mangrove and wetland wildlife at Sungei Buloh Nature Park. http://www.naturia.per.sg/buloh/birds/Elanus_caeruleus.htm
- 公路總局西部濱海公路中區工程處。2008。西濱快速公路(台61線)員林大排至西濱大橋新建工程計畫環境影響說明書。案號09608511。行政院環保署，台北。
- 史海濤。1998。海南島發現黑翅鳶。四川動物17(3):124。
- 行政院交通部，2009。中央氣象局全球資訊網。台北。網址：<http://www.cwb.gov.tw/>。檢閱日期：2009/8/16。
- 周大慶。2005。墾丁國家公園大冠鷲(*Spilornis cheela hoya*)繁殖及棲地利用之調查研究(一)。內政部營建署墾丁國家公園管理處，屏東。
- 周大慶。2006。墾丁國家公園大冠鷲(*Spilornis cheela hoya*)繁殖及棲地利用之調查研究(二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處，屏東。
- 林文隆、葉金彰。2002。大肚溪口與鰲鼓渡冬短耳鴉食性初探。特有生物研究 4(2):63-71。
- 林文隆、謝文欽。2004。台灣日行性猛禽新成員—黑肩鳶生態介紹。自然保育季刊 46：47-55。
- 林清賢、陳小麟、周曉平、江航東、彭志偉、林鵬。2004。黑翅鳶在福建分布及其繁殖生態的初步研究。廈門大學學報 43(6): 870-874。
- 胡景程。2008。台灣南部都市環境鳳頭蒼鷹之巢位選擇。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。
- 唐兆和，陳友鈴，唐瑞干。1993。福建鳥類新紀錄—黑翅鳶。四川動物。12(3):4。
- 唐兆和，陳友鈴。2001。福州地區的黑翅鳶。四川動物。20(1):33。
- 翁榮炫。2005。嘉義飛羽-嘉義縣海岸地區及平原鳥類。嘉義縣觀光旅遊局，嘉義。
- 高育人、蔣果丁、林木。2002。黑翅鳶在華南的分布。動物學雜誌 37(3): 56-58。
- 高瑋。1995。鳥類分類學，Pp. 102。中台科學技術出版社，台中。
- 郭東輝。2008。嘉義縣沿海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)之族群生態調查計畫-I。中華民國野鳥學會，台北。
- 陳文雄、陳昇寬。2004。雲嘉南地區野鼠種類組成及密度監測。鼠類危害及防除技術研討會專刊：11-23。中華植物保護學會，台中縣 霧峰。
- 單凱、王廣豪、周莉、辛洪泉、宋守望。2005。黑翅鳶在黃河三角洲的分布及生態習性。山東林業科技 159(4):4。
- 彭仁傑、楊嘉棟、許再文、曾彥學、黃朝慶、陳志輝、沈明雅。1997。彰化縣植物資源。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，集集。
- 彰化縣政府。1989。彰化縣觀光整體發展綱要計畫規劃。彰化。
- 彰化縣政府民政處。2009。戶政人口統計。網址：http://www.chcg.gov.tw/civil/10service/service01_1.asp。檢閱日期：2010/10/30
- 蕭慶亮。2001。台灣賞鷹圖鑑。晨星出版社，台中。
- 謝世達、周大慶、陳建樺。2009。嘉義縣沿海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)之族群生態調查計畫-II。嘉義縣野鳥學會，朴子。
- 謝世達、周大慶、陳建樺。2010。嘉義縣沿海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)之族群生態調查計畫-III。嘉義縣野鳥學會，朴子。
- 簡秀芳、陳保良、李木川、郭克忠、張弘毅。2004。野鼠防除工作之回顧與展望。鼠類危
-

-
- 害及防除技術研討會專刊：1-9。中華植物保護學會，台中縣 霧峰。
- 簡明龍、林春基、鄭錫奇、張簡琳玟等。1994。台灣中部地區哺乳類動物之調查(2/5)。台灣省特有生物保育研究中心，集集。
- 簡明龍、鄭錫奇、張簡琳玟、林雲龍。1993。台灣中部地區哺乳類動物之調查(1/5)。台灣省特有生物研究保育中心，集集。
- 顏重威。1996。中國野鳥圖鑑，52頁。翠鳥文化事業有限公司，台北。
- 蘇苗彬編。1996。彰化縣潛在植物資源調查。彰化縣政府。

附錄 16. 投稿論文稿二

彰化地區黑翅鳶的繁殖棲地選擇

李姮蓓¹，許皓捷²，周大慶^{1,3}

¹ 台灣生態學會；² 國立臺南大學生態科學與技術學系；³ 通訊作者

E-mail: d91225007@gmail.com

Address: 台中市沙鹿區中棲路 200 號

Breeding Habitat Selection by Black-shouldered Kite *Elanus caeruleus* in Chang-hua County

Herng-Chien Li¹, Hau-Jie Shiu², and Ta-Ching Chou^{1,3}

¹Taiwan Academy of Ecology, Shalu, Taichung, Taiwan

²Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan

³Corresponding author. E-mail: d91225007@gmail.com

摘要

台灣本島的黑翅鳶族群日漸增加，近十年來在西南部彰化至嘉義沿海鄉鎮已有穩定的繁殖族群定居，並且持續向內陸平原和其他縣市拓殖。為了瞭解分布範圍擴張的過程，2009 年 9 月至 2010 年 12 月期間，利用來自黑翅鳶目前主要分布區域的資料建立棲地選擇模型。經由測量和比較 36 個黑翅鳶實際利用的繁殖地點和 30 個隨機選擇地點的巢樹、巢樹周邊半徑 20m 內的微棲地、以及距巢樹半徑 150m、300m、500m 範圍內的巨棲地等 5 種尺度，並以邏輯迴歸模型篩選出各尺度最具影響力的變數，發現微棲地尺度之下，黑翅鳶偏好選擇冠層覆蓋度相對較高，以及偏向選擇遠離道路的樹築巢；距巢樹半徑 150m 範圍內，黑翅鳶偏好低面積比例的水體、建築物及雜作耕地等棲地，以及土地區塊數量較少的地景；半徑 300m 及 500m 範圍內，黑翅鳶依然偏好建築物和雜作耕地面積比例較低的地區。在 5 種尺度的邏輯迴歸模型之中，黑翅鳶棲地選擇的預測模型以半徑 150m 的尺度最佳，其次為半徑 500m 的模型，兩者概要百分比分別為 91.4% 及 84.9%。

關鍵字：黑翅鳶、棲地選擇、棲地特徵

Abstract

The black-shouldered kite (*Elanus caeruleus*) population of Taiwan has increased in the past ten years. There are now several stable breeding populations from southwest Chang-hua to the coastal areas of Chia-yi, and these populations are gradually spreading to inland plains and other counties. To fully understand this population distribution expansion, we used data involving the main distribution areas of black-shouldered kites to establish a habitat selection model. We measured and compared 36 breeding sites and 30 randomly selected sites by focusing on variances in habitat characteristics, such as proportions of different habitats, distances to different landscape units, and landscape diversity. The characteristic habitat zones

were divided into five scales: nest trees, microhabitats (within a 20 m radius of nest trees), and macrohabitats (within a 150, 300, and 500 m radius of nest trees). The logistic regression model was applied to filter the most influential variables of each scale. The results showed that, at the microhabitat level, black-shouldered kites prefer higher canopy cover and trees that are farther from roads. For macrohabitats within a 150 m radius, black-shouldered kites prefer areas with smaller proportions of water, buildings, mixed croplands, and landscapes with fewer land patches. For macrohabitats within the 300 and 500 m radii, black-shouldered kites prefer areas with smaller proportions of buildings and mixed croplands. Regarding the logistic regression models for all five scales, the habitat prediction model for the 150 m radius scale was the most optimal, with a prediction accuracy of 91.4%, followed by the 500 m radius model (84.9% prediction accuracy).

Keywords: Black-shouldered kite, habitat selection, habitat feature, *Spilornis cheela hoyo*

前言

黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)是一種專食小型哺乳類的小型猛禽，分布於歐亞大陸的西南歐、非洲的撒哈拉沙漠以南及地中海沿岸、阿拉伯半島西南、東巴基斯坦、印度、中國東南、馬來半島、部份的印尼島嶼和菲律賓群島(del Hoyo et al. 1994; Ferguson-Lees and Christie 2001)，此物種典型棲地為生長稀疏樹木的開闊草地環境，類似其非洲原生棲地的疏樹草原(savanna)。

黑翅鳶是台灣居留性猛禽的新成員，1996年之前台灣從未有黑翅鳶分布的紀錄，因此1998年首次出現於台北貢寮在當時被認為是迷鳥(顏1996)，但之後台灣地區每年都有目擊紀錄(中華民國野鳥學會鳥類資料庫，未發表資料)，並在2000年發現繁殖行為。2000年嘉義縣鰲鼓溼地首先發現黑翅鳶繁殖族群(蕭2001；翁2004)，2002年底彰化縣福興鄉濱海地區也紀錄了黑翅鳶個體及巢位(公路總局西部濱海公路中區工程處2008)，很快地2010年底黑翅鳶繁殖族群在台灣西部濱海的分布北達台中縣龍井鄉，南抵台南縣四草鄉(周&許2010)，且已發現的繁殖對估計超過200對(周&許2012)。上述區域的研究報告顯示黑翅鳶的繁殖巢位出現和農業地景類型有關，特別是散生大樹的短期休耕農地或蔗田，散佈其間的喬木種類主要為木麻黃，在濱海開闊環境木麻黃和低矮的作物形成類似疏樹草原的景觀，可能是吸引黑翅鳶利用的原因(林&謝2004；翁2004；郭2008；謝等2009；周&許2011)。

有關於黑翅鳶族群最近數十年的擴張和拓殖的現象在歐洲和亞洲的中國都有類似的報導。在中國，黑翅鳶原為雲南的留鳥，廣西和浙江的夏候鳥，偶見於河北及其他省份的迷鳥(高1995)。近二十年除了海南島、江西、沿海的廣東、福建和山東等省份持續發現黑翅鳶個體(唐等1993；史1998；唐&陳2001；高等2002；單等2005)，在近十年中國東南省份的黑翅鳶繁殖族群也呈現日漸增加的趨勢，而開始被認為是華南區域的留鳥。林等(2004)將黑翅鳶的快速擴張現象可能歸因於較長的繁殖期、較高生殖力、較高幼鳥存活率等繁殖特色，以及較強的適應人類活動環境的能力，再加上中國沿海都市發展致使許多農田廢耕使得田間野鼠數量增加，食物無虞而更加速黑翅鳶族群的擴張(林等2004)。

在歐洲，19世紀在西歐和西南歐幾個國家雖曾有出現紀錄(Lilford 1865；Smiths 1868)，但在20世紀中葉之前黑翅鳶被認為是稀有的迷鳥(Cramp & Simmons 1980)，一直到1963年才在西南歐的伊比利半島出現第一筆繁殖紀錄(England 1963)，才被認定是

這個區域稀有的留鳥。但是最近 30 年黑翅鳶在歐洲經歷了明顯的範圍擴張(Salim 2002 ; European Topic Centre on Biological Diversity 2010), 繁殖的現象往北延伸到法國(Duchateau & Delage 2006), 並且估計約有 1000-2000 的繁殖對散佈在西班牙、法國西南部等地區(Bird Life International/European Bird Census Council 2000)。Balbontín 等人(2008)推論歐洲黑翅鳶族群的範圍擴張可能歸因於氣候變遷、土地利用改變或者以上兩者(Faanes & Howard 1987 ; Balbontín et al. 2008)。綜合先前所述, 無論在亞洲或歐洲, 黑翅鳶的族群擴張現象似乎都牽涉到土地利用方式和地景特徵的改變。

雖然黑翅鳶分布範圍廣闊, 涵蓋歐、亞、非大陸, 且數量估計超過 100 萬隻(Ferguson-Lees and Christie 2001), 被國際自然保育聯盟(The International Union for Conservation of Nature IUCN)評定為低危險等級 (Least Concern)物種(BirdLife International 2010)。但根據台灣野生動物保育法, 所有現生猛禽都屬於保育類野生動物, 個體和其棲地皆受到法律保護。然而, 黑翅鳶族群在台灣西部濱海平原人為地景中的快速擴張, 致使其繁殖與覓食和各種人為活動特別是農業經營互動頻繁。尤其是台灣農地分割較細, 操作頻度密集, 一年四季都有種植, 因此翻土、播種、灌溉、噴藥及收成等農業活動對黑翅鳶的繁殖及覓食容易產生干擾(謝等 2009)。此外, 台灣西部濱海農地的地主為了避免颱風吹倒田間大樹壓毀農作物, 而經常修剪防風樹木, 其中包括了一些歷史巢樹, 而造成黑翅鳶棄巢(周&許 2011)。因此人和黑翅鳶的衝突是未來保育工作和棲地經營管理將面臨的課題。

在策劃任何的管理或保育措施之前, 辨識出有利於物種存活和繁殖的棲地特徵, 為必須採取的基本步驟(Demarchi et al. 2005)。尤其是猛禽位於食物鏈的高層, 棲地需求範圍廣大, 加上習性機警, 對棲地的變化特別敏感。因此, 研究與判別猛禽偏好的繁殖棲地特色, 除了可推估猛禽族群分布和發展的趨勢, 也是制定保育方針的重要依據(Manel et al. 2001)。

不同研究尺度的棲地特色研究結果往往會影響動物對棲地選擇偏好的解釋。因此本研究的主要目的在於藉由研究黑翅鳶利用的巢樹、巢樹週圍的微棲地、距離巢樹半徑 150m、300m、500m 巨棲地等 5 種尺度下的棲地特徵, 比較黑翅鳶實際繁殖利用的棲地和逢機取樣棲地之間的棲地特徵參數是否存在差異。其次利用邏輯迴歸分析方法發展最能區別有無黑翅鳶繁殖棲地的預測模型, 以預測台灣西部濱海及平原地區黑翅鳶的繁殖棲地選擇偏好。

材料方法

1. 研究地區

研究區位於台灣西部平原北端的彰化縣境內, 範圍為國道 1 號高速公路以西, 員林大排以南, 以及濁水溪以北, 面積約為 652.5 km² (圖 1), 主要地景類型包含都市聚落、農耕地、林地、漁塭、放牧用地和溪流, 其中農耕地面積約占 59.0% (Council of Agriculture 2010)。農作種類除了大宗經濟作物如水稻和甘蔗之外, 以葉菜類和根莖類等雜作和短期作物為主 (彰化縣政府 2010 ; 彭等 1997)。整個研究地區的地景因不同土地類型和作物種植呈現高度分割和鑲嵌格局(陳 2010)。

2. 研究期間

從 2009 年 9 月 1 日起至 2010 年 12 月底期間, 於研究範圍內進行系統化搜尋黑翅鳶領域對所築的巢位, 並以 GPS 標定位置。巢位周遭地景的土地利用方式調查及圖層輸入在發現巢位後立即進行, 參考農林航空測量所拍攝的最新正射化影像地圖及根據環境現

況於地理資訊系統(ArcGIS 9.2)中輸入各土地區塊邊界和利用類型。為了不干擾繁殖中的黑翅鳶，巢樹及微棲地測量則於每個巢的幼鳥離巢後進行。

3. 棲地變數的測量

巢樹和各尺度棲地特徵變數的取樣及測量方法參考 Bednarz & Dinsmore (1982)及 Tapia et al. (2007)的研究方法。巢樹特徵項目包括(1)巢樹的種類；(2)樹高一測量地面至樹頂高度；(3)胸高徑—使用胸徑尺，由樹基往上約 130cm 高度處的樹幹直徑，單位測至小數點後一位。若測量巢樹胸高徑時發現有分叉情形，則一併測量，再換算成一根樹幹的胸徑；(4)冠層覆蓋度—距巢樹主幹 1m 和 5m 處的冠層覆蓋度—利用 24 格半球面鏡密度計(Spherical Densiometer Model-A, BAP Equipment Ltd.)讀數求平均覆蓋度；(5)樹幅—測量樹冠在地面的東、南、西、北、東-西、南-北、東北-西南、東南-西北 8 個方位最大的垂直投影直徑求取平均。

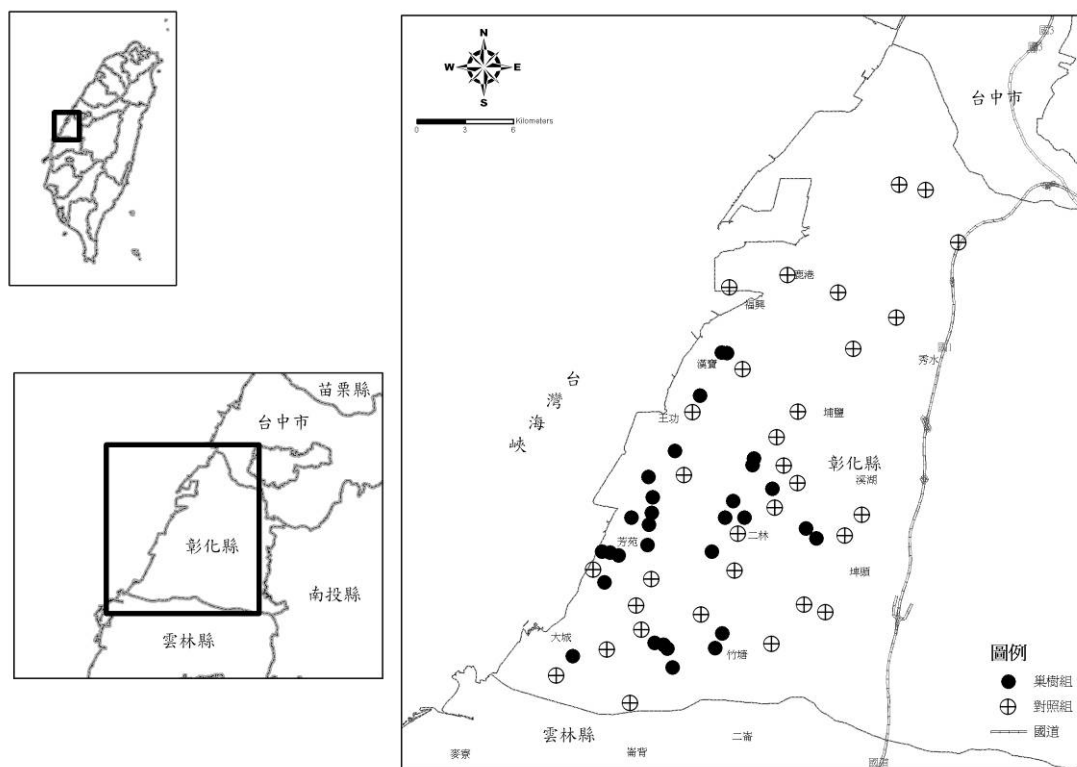


圖 1. 研究樣區範圍、實際巢位與隨機樣點分布圖。

Fig. 1. A map showing study area, nest sites of Black-shouldered kite and random sites in Changhua county, central Taiwan.

微棲地定義為以巢樹為中心半徑 22.6m 的範圍(即 0.16ha)，係參考台灣地區猛禽研究(Chen 1997；胡 2008)，並根據黑翅鳶利用環境多位在均質曠野的獨立樹特色而決定。為避免偽重複的樣本，若研究期間同一繁殖對的領域範圍內利用不只一棵巢樹，則僅選取最晚發現的 1 棵巢樹進行巢樹和微棲地特徵測量。微棲地特徵的調查項目包括：(1)樣區內所有胸高徑 > 1cm 的喬木高度、株數、胸徑，並計算胸高斷面積總和(m^2/ha)以及樹木密度(棵樹/ha)；樹高和胸高徑採用與測量巢樹相同的方法。(2)樹林、裸地、水域、草地的覆蓋面積(m^2)。(3)巢樹至最近人徑、道路、水源、建物等四項地表特徵的距離利用手持式雷射測距儀或皮尺測量。

巨棲地的 150m、300m、500m 三個半徑參考同屬白尾鳶的研究(Niemela, 2007)，以及先前研究的最近相鄰巢間距(周&許 2011)和繁殖雌、雄鳥主要離巢活動距離(周&許 2012)。土地利用類型區分為農地、林地、漁塭、放牧地、建成地、水域等六大類。農地依地景差異和耕作頻度由低到高另區分為休耕地、蔗田和雜耕地三類，雜耕地包括水稻田、雜作地和其他類型耕地。建成地另區分出人車頻繁的鋪面道路用地。對上述各尺度範圍內土地利用類型的區塊和形狀等資料，於地理資訊系統(GIS)軟體 ArcGIS 9.3 版進行輸入，並計算各區塊面積和周長，和各尺度範圍內區塊數量、多樣性指數、及區塊均勻度指數。

相鄰巢位的巨棲地範圍若有重疊的情形，為避免偽重覆(pseudoreplication)的樣本，本研究以較晚繁殖的巢位納入巨棲地分析，相鄰巢位若巨棲地重疊則僅逢機選取其中一巢的巨棲地資料分析。此外，在本研究樣區中，若巨棲地因涵蓋重要軍事設施而未呈顯在空照圖上，且現場亦無法測量土地利用範圍的情況下則放棄該樣本。

4. 微棲地與巨棲地之對照組的選取方式

對照組樣樹及微棲地的產生方式是以巢樹為中心，隨機選取一個角度，距離巢樹 20m 至 200m 隨機選取一段距離。決定角度和距離之後，於該點後選擇一棵距離此點位最近的喬木作為對照樣樹。由於已知最小的巢樹胸高徑為 15cm，故隨機選取的樹木其胸高徑必須大於 15cm 以上才會被測量巢樹和微棲地的各項特徵，否則再重新執行一次隨機取樣過程。巨棲地對照組的選取以整個研究區為範圍，利用 ArcGIS 9.2 的延伸模組 Hawth's tools (Beyer 2004)，於研究區域以亂數方式產生座標，排除落入聚落和水域的調查點，至現場測量各項巨棲地變數。

5. 統計分析

對照組與巢位組的巢樹與微棲地變數使用無母數檢定法(Wilcoxon signed-rank tests)，檢驗測量值是否具有顯著差異；另使用無母數的非成對檢定法(Mann-Whitney U tests)進行巨棲地的 5 項變數差異檢測(表 1)。

本研究分別在 5 種不同尺度下建立模型，包括巢樹、微棲地、巨棲地尺度的半徑 150m、300m、500m 範圍。利用二元邏輯迴歸判別巢位組與對照組之間，哪些變數最能解釋二者之間的差異。由於進行邏輯迴歸分析之前必須先排除各項變數間的共線性問題，因此將允差(tolerance values)小於 0.1 或變異數膨脹因子(the variance inflation factor, VIF)大於 10 的變數排除(Browerman and O'Connell, 1990)。二元邏輯迴歸分析採向前逐步選取法(forward stepwise procedure)，透過 Wald tests 依次將達到統計顯著水準($p < 0.05$)的變數選入模型，最後步驟所輸出的模型即為該尺度黑翅鳶適合築巢的棲地模型。為了找出較適合且準確的模型，進一步計算上述各尺度的 4 個模型的 χ^2 、Hosmer-Lemeshow 擬合優度指標(HL index)、Akaike's 訊息標準 (Akaike's information criterion, AIC)、貝葉斯訊息標準(Bayesian information criterion, BIC)等指標。模型 χ^2 是檢驗模型中的自變數對因變數是否有顯著的解釋能力，若模型 χ^2 值顯著表示所設模型比零模型(只包含常數項的模型)來得好。HL 指標、AIC、BIC 皆為擬合優度指標，也就是檢測有關資料對於模型的擬合(Goodness of fit)程度是否良好。其中 HL 指標是一種類似 Pearson χ^2 統計量指標， χ^2 檢驗不顯著表示模型擬合資料較佳，但若顯著 χ^2 檢驗表示擬合不好。模型的 AIC 值越小，表示該擬合模型越佳。在此計算的 BIC 訊息標準是與飽和模型作比較，飽和模型的 BIC 值為 0，因此 $BIC > 0$ 表示所設模型比飽和模型差，相反地 $BIC < 0$ 表示所設模

型比飽和模型好。綜合上述 4 個指標來判斷哪種尺度下的模型最適合做為黑翅鳶築巢棲地選擇的判斷依據。

分類表(classification table)是用來檢測邏輯迴歸模型預測準確性的一種方式，方法是透過比較預測的事件機率和設定的機率界限（採用 0.5 當作機率界限），將案例分成預測事件發生或不發生(王和郭，2003)，分類總正確率越高，表示該模型越佳。

所有統計分析方法採用 SPSS v17.0 進行，並採用雙尾檢定，顯著水準定為 0.05；棲地變數的數值以平均值±標準差(Mean ± SD)表示之。

表 1. 用來描繪黑翅鳶巢位和逢機樣點的棲地變數

Table 1. Variables used to characterized nest and random site of Black-shouldered kites

尺度	變因	描述	
巢位	巢高(m)	樹基至巢的高度	
	距主幹(m)	巢至主幹的水平距離	
	分級枝	由巢樹枝基部至巢位的主幹分叉數量	
巢樹	樹高(m)	地表至樹頂的高度	
	胸高徑(cm)	巢樹樹幹的胸高直徑	
	1m 覆蓋(%)	距巢樹主幹 1m 的冠層覆蓋度	
	5m 覆蓋(%)	距巢樹主幹 5m 的冠層覆蓋度	
	垂直投影(m)	巢樹至八方位最大投影距離的平均值	
	微棲地	林覆蓋(%)	在 0.16ha 範圍內樹林的地面覆蓋率
裸地覆蓋(%)		在 0.16ha 範圍內裸地含建成地的地面覆蓋率	
水覆蓋(%)		在 0.16ha 範圍內水體的地面覆蓋率	
草地覆蓋(%)		在 0.16ha 範圍內草地的地面覆蓋率	
最近道路(m)		巢樹至最近道路距離	
最近人徑(m)		巢樹至最近小徑距離	
最近水源(m)		巢樹至最近水源距離	
最近建物(m)		巢樹至最近建物距離	
喬木密度(棵/ha)		在 0.16ha 範圍內 DBH>1cm 樹木的密度	
喬木平均高度(m)		在 0.16ha 範圍內 DBH>1cm 樹木的平均高度	
胸高徑斷面積(m ²)		在 0.16ha 範圍內 DBH>1cm 樹木的胸高徑斷面積總和	
巨棲地 Macrohabitat		區塊面積比例(%)	在視覺上可明顯辨識的土地區塊類型，類型分為農地、林地、漁塭、放牧地、建成地、水體、和道路，農地又區分為蔗田、休耕地和雜作耕地
		區塊數量(個)	區塊的數量
	區塊周長(km)	區塊周長總和	
	區塊多樣性	以 Shannon-Wiener 多樣性指數公式計算區塊多樣性	
	區塊均勻度	以 Shannon-Wiener 均勻度指數公式計算區塊多樣性	

結果

2009 年 9 月至 2010 年 12 月期間，於研究區共發現 47 個領域對，在巢位進行測量前部份巢位因颱風摧毀棲地，以及地貌或植被受到工程和耕作改變，最後僅測量其中 38 對的巢位和棲地特徵。

黑翅鳶的築巢高度平均為 9.6 ± 3.8 m ($n = 38$)，與巢樹主幹的水平距離平均 0.8 ± 1.1 m ($n = 38$)，分級枝（巢位所在分叉）平均在 2.0 級 (range: 1-5 級)。巢樹平均高度 12.7 ± 3.8 m ($n = 38$)，與對照組的樹高無顯著差異；但巢樹組的 1 m 覆蓋度、5 m 覆蓋度、垂直投影等三項變數皆顯著大於對照組的樹高(表 2)。在微棲地利用方面，11 項變因中僅有裸地覆蓋率、巢與最近道路之距離等兩項變因在巢樹組與隨機組之間具顯著差異，隨機組的裸地覆蓋率大於巢樹組，而巢樹組與最近的道路距離大於對照組。

黑翅鳶在巨棲地層級的選擇上，於三種尺度之下皆偏好蔗田面積比例較高、雜作耕地積比例較低、建築物面積比例較低、水體面積比例較低、區塊數量較少、以及區塊總周長較短的棲地特徵(表 3)。水體面積比例在 150 m 和 300 m 尺度下佔的面積比例極少($< 0.4\%$)，而巢樹組的水體面積比例更是顯著少於隨機組。此外，巢樹組與隨機組之區塊多樣性與區塊均勻度指數僅在 150 m 尺度下才具有顯著差異(表 3)。

表 2. 黑翅鳶巢樹組與隨機組的巢樹與微棲地尺度各項變因的差異性

Table 2. Comparison between 16 variables in nest tree and microhabitat quantifying nest and random sites in available habitat of Black-shouldered kites by Wilcoxon signed-rank tests

尺度	變因	N	巢樹組		對照組		Z	p
			Mean	± SD	Mean	± SD		
巢樹	樹高(m)	38	12.7	3.8	11.1	4.9	-1.94	0.053
	胸高徑(cm)	38	38.8	12.9	37.8	18.7	-1.11	0.267
	1m 覆蓋度(%)	38	82.7	14.7	70.6	23.3	-2.64	0.008**
	5m 覆蓋度(%)	38	52.3	15.7	35.6	22.4	-3.48	0.001**
	垂直投影(m)	38	7.3	2.2	5.8	3.0	-3.00	0.003**
微棲地	林覆蓋(%)	38	8.8	7.3	6.6	9.2	-1.89	0.058
	裸地覆蓋(%)	38	13.6	24.1	27.4	28.4	-2.23	0.026*
	水覆蓋(%)	38	2.2	6.5	4.4	9.4	-1.33	0.184
	草地覆蓋(%)	38	64.7	39.0	68.8	28.6	-0.24	0.809
	最近道路(m)	38	136.6	88.2	74.4	107.9	-3.01	0.003*
	最近人徑(m)	38	10.9	22.1	10.8	42.0	-0.99	0.324
	最近水源(m)	36	30.3	45.4	21.6	37.1	-0.75	0.234
	最近建物(m)	37	344.6	186.8	288.0	211.9	-1.71	0.088
	喬木密度(棵/ha)	36	13.7	27.0	6.9	8.6	-0.76	0.447
	喬木平均高度(m)	36	6.4	4.9	6.6	5.3	-0.01	0.994
	胸高徑斷面積(m ²)	38	0.13	0.08	0.14	0.15	-0.95	0.342

*p value is statistically significant; **p value is very significant

表 3. 黑翅鳶巢樹組與對照組的半徑 150m、300m、500m 尺度之各項變因差異

Table 3. Comparison between 13 macrovariables quantifying nest and random sites in available habitat of Black-shouldered kites by Mann-Whitney U test

變因	尺度											
	150m				300m				500m			
	巢位組	對照組	U	p	巢位組	對照組	U	p	巢位組	對照組	U	p
蔗田(%)	44.5%	8.7%	248.5	0.001**	38.1%	7.0%	170.0	<0.001***	28.6%	1.8%	161.0	<0.001***
雜作耕地(%)	14.0%	44.7%	758.5	<0.001***	18.1%	47.0%	655.0	<0.001***	23.8%	49.1%	557.0	<0.001***
休耕地(%)	30.6%	22.2%	464.0	0.786	27.9%	20.6%	442.0	0.749	26.5%	20.3%	300.0	0.438
樹林(%)	0.6%	2.4%	524.0	0.214	1.6%	1.4%	433.0	0.793	1.8%	1.1%	300.0	0.415
漁(%)	2.2%	0.7%	463.0	0.878	2.5%	2.2%	462.0	0.229	3.7%	2.3%	347.0	0.041**
牧(%)	-	-	None	None	0.7%	0.3%	386.0	0.278	1.1%	-	253.0	0.163

建物(%)	5.2%	13.3%	800.0	0.005**	6.2%	13.1%	648.0	0.009**	8.1%	15.3%	519.0	0.011**
水體(%)	0.1%	3.3%	601.0	0.002**	0.3%	3.6%	482.0	<0.001***	2.7%	4.5%	411.0	0.064
鋪面道路(%)	2.8%	4.6%	578.0	0.103	3.6%	4.6%	442.0	0.532	4.0%	4.6%	392.0	0.357
總區塊數量	19.6	37.6	753.0	<0.001***	66.5	119.6	656.0	<0.001***	183.8	302.0	551.5	<0.001***
總區塊周長(km)	4.8	7.8	764.0	<0.001***	19.3	29.0	674.0	<0.001***	56.8	78.5	567.0	<0.001***
區塊多樣性指數(H')	0.67	0.99	672.0	0.001**	0.99	1.13	495.0	0.085	1.27	1.18	275.0	0.234
區塊均勻度指數(E)	0.49	0.59	592.0	0.036*	0.54	0.59	457.0	0.271	0.60	0.58	295.0	0.406

以 GLM 模型中的邏輯迴歸，篩選出有影響力的變數。結果為巢樹的 5m 覆蓋度越高，以及微棲地尺度之下巢樹位置離鋪面道路距離越遠，越可能是黑翅鳶選擇築巢的地點。半徑 150 m 尺度之下則以較低水體面積、較低建築物面積、較低雜作耕地面積、較少區塊數量具影響力，而半徑 300 m 和 500 m 尺度下只剩較低建築物面積和較低雜作耕地面積，越可能是黑翅鳶偏好築巢的棲地條件(表 4)。

表 4. 黑翅鳶在 5 種不同尺度下棲地變因的邏輯迴歸分析表

Table 4. Using logistic analysis to select significant variables for habitat selection of Black-shouldered kite in 5 different scales, respectively

Model ID	Scale	Variance	B	SE	Wald	df	p
1	巢樹	5m 覆蓋度	0.045	0.014	10.362	1	.001
2	微棲地	最近道路	0.007	0.003	6.207	1	.013
3	150m 巨棲地	水體	-0.0004	0.0002	7.830	1	.005
		建築物	-0.0003	0.0001	7.314	1	.007
		雜作耕地	-0.0002	0.0001	6.871	1	.009
		區塊數量	-0.182	0.086	4.465	1	.035
4	300m 巨棲地	建築物	-0.00004	0.00002	7.064	1	.008
		雜作耕地	-0.00002	0.00001	11.689	1	.001
5	500m 巨棲地	建物	-0.00002	0.00001	7.213	1	.007
		雜作耕地	-0.00001	0.00003	12.133	1	.000

將上述差異顯著的變數以 GLM 建立黑翅鳶在 5 種不同尺度下棲地選擇的模型，5 個預測模型 χ^2 皆達顯著($p < 0.05$)，表示每個邏輯迴歸預測模型的自變數，所提供訊息皆能夠預測事件是否發生。綜合 HL 指標、AIC、BIC 等 3 項擬合優度指標，結果顯示模型 3(半徑 150 m 巨棲地尺度)的配適度最好，其次為模型 5(半徑 500 m 尺度)，而整體正確預測率(概要百分比)分別為 91.4%及 84.9%，表示模型為佳(表 5)。

表 5. 黑翅鳶在 5 種不同尺度下建立模型的配適度指標

Table 5. Evaluation of 5 habitat selection models in different scales, using as index of goodness of fit with model χ^2 , Hosmer-Lemeshow index, AIC, BIC and Percent Correct

Model ID	Model χ^2	HL index	AIC	BIC	Percent Correct
1	13.15*	8.48	96.20	-137.32	68.4
2	7.074*	17.84*	109.36	27.40	68.7

3	58.76*	2.72	47.42	-201.01	91.4
4	32.27*	24.67*	52.30	-167.98	82.5
5	33.00*	10.06	50.62	-153.89	84.9

討論

本研究發現所測量的黑翅鳶營巢結構，在初期時皆為木麻黃，而在我們棲地特徵測量之後的監測發現，隨著族群量增加，黑翅鳶開始選擇竹子、榕樹，甚至人工建築物—電塔築巢。相較於嘉義縣地區的族群，當地黑翅鳶的營巢樹種多達 14 種(謝等，2009)，分布在北美同一屬(cogenus)的白尾鳶(*Elanus leucurus*)所利用的營巢樹種超過 10 種以上(Dixon et al., 1957)，顯示這一屬猛禽對於樹種的選擇具有地方特色。此外，Faanes and Howard (1987)的研究顯示黑翅鳶會在任何適當高度的樹營巢，因此樹種及高度並非黑翅鳶屬(genus *Elanus*)這類猛禽營巢的限制因子。

黑翅鳶營巢的巢樹普遍選擇 10 公尺以上的喬木，巢位離巢樹主幹距離約 1 公尺左右。相較於樹高，樹木的冠層覆蓋度更是重要的選擇依據，最佳巢樹冠層覆蓋度大於 50% 以上，黑翅鳶雖然不是森林性猛禽，這點與北雀鷹(*Accipiter nisus*)選擇的巢位特徵相似(Harrower, 2007)。將巢築在冠層覆蓋度高的樹上不僅使巢能有良好的隱蔽性，樹葉能夠遮陰讓巢不受烈日的直曬(Valkama and Korpimäki, 1999)。

以微棲地的尺度來看，由於黑翅鳶習性敏感，巢位選擇的地點偏向遠離道路，這與許多猛禽的棲地選擇研究結果相似，如紅隼(*Eurasian Kestrels*)築巢地點會選擇離人類居所較遠的地區(Valkama and Korpimäki, 1999)；白腹山鵟(*Hieraaetus fasciatus*)的棲地選擇也傾向遠離道路和村莊(Balbontín, 2005)。以白尾鳶來說，人類干擾頻度增加可能使之棄巢，往後也不會在干擾大的區域築巢(Pickwell 1930)。而築巢地點離人類干擾越遠，成鳥能專心育雛以提高繁殖成功率(Zuberogitia, et al., 2008)。

黑翅鳶為鼠類專食者，築巢地點偏好選擇鼠類密度高的地區。許多研究顯示黑翅鳶的遊移和食物有關，某些地區黑翅鳶數量突然增加和老鼠爆發有關。(Dunk and Cooper, 1994; Boal and Mannan, 1998; Mendelsohn and Jaksic, 1989; Sergio and Newton, 2003; Mañosa et al., 2005)。以巨棲地的尺度來看，雜作耕地少、蔗田地面積比例高及建物面積少，似乎是黑翅鳶在半徑 150m、300m、500m 這 3 種巨棲地尺度下選擇巢區的共同特徵。農耕類型的土地擁有高密度的鼠類數量，皆可吸引黑翅鳶利用(盧，2004; Balbontín et al., 2008)。但黑翅鳶對於蔗田與雜作耕地的偏好完全相反，這可能和人類的活動頻度有關。雜作耕地狹小破碎，種植作物多樣化，相較於甘蔗 18 個月的生長期，稻作及葉菜類作物生長期較短，因此耕作、噴藥、採收等活動干擾頻度明顯較蔗田地區大，這可能是黑翅鳶偏好蔗田卻排斥雜作耕地的原因。

黑翅鳶偏好的築巢區域，預測模型顯示雜作耕地面積及建築物面積是重要的判別因子，以半徑 150m 取樣尺度下的資料擬合度最佳，其次是半徑 500m 取樣尺度的模型，這提供了我們瞭解黑翅鳶未來可能拓殖的區域及棲地保育上的基礎資訊。Balbontín et al. (2008)指出南歐地區的黑翅鳶，預測農業灌溉面積達 50% 左右，發現黑翅鳶築巢的機率最高，此預測與本研究結果有差異。在本研究以半徑 500m 取樣尺度為例，模型顯示耕地面積越少發現黑翅鳶築巢的機率越高，隨機組的耕地面積比例平均近 50%，而巢區的耕地面積只有隨機組的一半。兩研究的差異可能在於，第一、取樣面積不同，Balbontín et al. (2008)取樣面積近 6 km²，而本研究最大僅取樣 0.785 km²；第二、土地的分類型態不同，本研究的雜作耕地包含了水田和旱田，另外將蔗田獨立成一個變數。雖然研究方法

設計上可能多少都會影響結果，但可以推測如果一地區全為雜作耕地的土地型態，將不會是黑翅鳶適合的築巢區。

黑翅鳶原生地區非洲的典型棲地型態為稀樹草原—開闊草原上點綴幾棵大樹(del Hoyo et al., 1994)，台灣的西南部平原聚落外圍耕地具有類似的地景型態。然而彰化地區的可耕地面積逐年減少(彰化縣政府主計處，2012)，造成農地開發、使建築物、人工設施、道路長度增加，造成棲地破碎的結果將不利於黑翅鳶利用。另外一不利因素則是彰化濱海地區的農地為避免颱風吹倒大樹壓毀農作，不定期修剪田園大樹的作業習慣，許多樹木在超過 5 m 後往往受到腰斬。雖然依據目前的觀察黑翅鳶的數量及累計巢位數量每年快速增長，正處於擴張期(周和許，2011)，基於保育立場我們必須持續密切監測族群動態、巢樹、微棲地或巨棲地特色以及地景上的改變，進而限制繁殖棲地利用。且猛禽能控制鼠類數量，防止鼠害對農產量的損失及控制鼠疫疾病等好處(曾，1994；林和葉，2002；Muñoz-Pedrerros, et al., 2010)。維持黑翅鳶適合築巢的地景，最直接方式是在廣大的耕地平原上維持數棵 10 m 以上的大樹。由於黑翅鳶有重複利用同棵樹或同個區域的樹築巢，因此建議對於這些區域曾利用的大樹，應輔導地主不隨意砍伐。

誌謝

本研究經費由交通部西濱中區工程處補助。

參考文獻

- Balbotín, J. 2005. Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's eagle: An important issue in halting its decline in Europe. *Biological Conservation* 126(1): 74-83.
- Balbotín, J., Negro, J. J., Sarasola, J. H., Ferrero, J. J. and RiveraI, D. 2008. Land-use changes may explain the recent range expansion of the Black-shouldered kite *Elanus caeruleus* in southern Europe. *Ibis* 150: 707-716.
- Bednarz, J. C. and Dinsmore, J. J. 1982. Nest-sites and habitat of Red-shouldered and Red-tailed Hawks in Iowa. *The Wilson Bulletin* 94(1): 31-45.
- Beyer, H. L. 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Available at <http://www.spatialecology.com/htools>.
- BirdLife International 2010. Species factsheet: *Elanus caeruleus*. Downloaded from www.birdlife.org on 13/6/2012.
- BirdLife International/European Bird Census Council. 2000. European bird populations: estimates and trends. BirdLife Conservation Series No. 10. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Boal, C. W. and Mannan, R. W. 1998. Nest-Site Selection by Cooper's Hawks in an Urban Environment. *The Journal of Wildlife Management* 62(3): 864-871.
- Chen, H. S. 1997. Observations of the breeding biology and the effects of habitat fragmentation on Formosan Crested Goshawks (*Accipiter trivirgatus formosae*) in Kenting National Park, Taiwan. Master thesis, Biological Science, Arkansas State University, Fayetteville.
- Cooper, M. and Stevens, V. 2000. A review of the ecology, management and conservation of the Northern goshawk in British Columbia. Ministry Environment, Wildlife Branch: Victoria.
- Council of Agriculture 2010. Agriculture statistics yearbook. Agriculture and Food Agency, COA, Executive Yuan, Taipei, Taiwan.
- Cramp, S. and Simmons, K. E. L. (Eds). 1980. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East, and North Africa. Oxford Univ. Press, Oxford, U.K.
- Del Hoyo, J., Elliott, A. and Sargatel, A. (eds.) 1994. Handbook of the birds of the world (Vol. 2). Barcelona: Lynx Edicions.
- Demarchi, M.W., Bentley, M. D. and Sopuck, L.G. 2005. Best Management Practices for Raptor Conservation during Urban and Rural Land Development in British Columbia. Prepared for B.C. Ministry of Environment. Original version prepared by LGL Limited Environmental Research Associates; revised by Biolinx Environmental Research Ltd., March 31, 2005. www.env.gov.bc.ca/wld/documents/bmp/raptor_bmp_final.pdf
- Dixon, J. B., Dixon, R. E. and Dixon, J. E. 1957. Natural History of the White-Tailed Kite in San Diego County, California. *The Condor* 59(3): 156-165.
- Duchateau, S. and Delage, F. 2006. Évolution, paramètres reproducteurs et facteurs limitants de l'Élanion blanc *Elanus caeruleus* dans le sud-ouest de la France. *Alauda* 74: 385-398.

-
- Dunk, J. R. and Cooper, R. J. 1994. Territory-Size Regulation in Black-Shouldered Kites. *The Auk* 111(3): 588-595.
- England, M. D. 1963. Observations on the Black-winged Kite in Portugal with preliminary notes on its status. *Brit. Birds* 56: 444-452.
- European Topic Centre on Biological Diversity. 2010. EUNIS database. URL: <http://eunis.eea.europa.eu/>.
- Faanes, C. A. and Howard, R. J. (1987). Habitat suitability index models: Black-shouldered kite. U.S. Fish Wildlife Service. Biological report 82: pp13.
- Ferguson-Lees, J. and Christie, D. A. 2001. *Raptors of the world*. New York: Houghton Mifflin.
- Harrower, W. 2007. Nesting requirements of the Northern goshawk (*Accipiter gentilis atricapillus*) in southeastern British Columbia. master thesis, University of Victoria, Victoria, BC.
- Lilford, L. 1986. Notes on the ornithology of Spain. *Ibis* 1(2): 166-177.
- Manel, S., Williams, H. C. and Omerod, S. J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology* 38: 921-931.
- Mañosa, S., Montés, G., Bota, G. and Bonfil, J. 2005. Black-shouldered Kite *Elanus caeruleus* diet in an area recently colonized in the north-east of the Iberian Peninsula. *Revista Catalana d'Ornitologia* 21: 11-16.
- Mendelsohn, J. M. and Jaksić, F. M. 1989. Hunting behaviour of Blackshouldered kites in the Americas, Europe, Africa and Australia. *Ostrich* 60(1): 1-12.
- Muñoz-Pedrerros, A., Gil, C., Yáñez, J. and Rau, J. 2010. Raptor habitat management and its implication on the biological control of the Hantavirus. *European Journal of Wildlife Research* 56(5): 703-715.
- Niemela, C. A. 2007. Landscape characteristics surrounding White-tailed Kite nest sites in southwestern California. Master thesis, The Faculty of Humboldt State University, California.
- Pickwell, G. 1930. The White-tailed kite. *The Condor* 32(5): 221-239.
- Salim, M. A. 2002. The first records, including breeding, of Black-winged Kite *Elanus caeruleus* in Iraq. *Sandgrouse* 24(2): 136-137.
- Sergio, F. and Newton, I. 2003. Occupancy as a measure of territory quality. *Journal of Animal Ecology* 72(5): 857-865.
- Smiths, A. C. 1968. A sketch of the birds of Portugal. *Ibis* 4(2): 428-460.
- Tapia, L., Kennedy, P. L. and Mannan, R. W. 2007. Habitat Sampling. Pages 153-169 *In* D. Bird & K. Bildstein (Eds). *Raptor Research and Management Techniques Manual*. Hancock Publishing House, Surrey, B.C., Canada.
- Valkama, J. and Korpimäki, E. 1999. Nestbox characteristics, habitat quality and reproductive success of Eurasian Kestrels. *Bird Study* 46(1): 81-88.
- Zuberogitia, I., Zabala, J., Martínez, J. A., Martínez, J. E. and Azkona, A. 2008. Effect of human activities on Egyptian vulture breeding success. *Animal Conservation* 11(4): 313-320.
- 公路總局西部濱海公路中區工程處。2008。西濱快速公路(台61線)員林大排至西濱大橋新建工程計畫環境影響說明書。公路總局西部濱海公路中區工程處，台中。
- 王濟川、郭志剛。2003。Logistic 迴歸模型-方法及應用。五南圖書，台北。
- 史海濤。1998。海南島發現黑翅鳶。四川動物 17(3):124。
- 周大慶、許皓捷。2010。道路開發對彰化濱海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)繁殖和覓食生態的影響分析及相關減輕保護模式建立之可行性與試驗工作-I。交通部公路總局西部濱海公路中區工程處，彰化。
- 周大慶、許皓捷。2011。道路開發對彰化濱海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)繁殖和覓食生態的影響分析及相關減輕保護模式建立之可行性與試驗工作-II。交通部公路總局西部濱海公路中區工程處，彰化。
- 周大慶、許皓捷。2012。道路開發對彰化濱海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)繁殖和覓食生態的影響分析及相關減輕保護模式建立之可行性與試驗工作-III。交通部公路總局西部濱海公路中區工程處，彰化。
- 林文隆、葉金彰。2002。大肚溪口與鰲鼓渡冬短耳鴉(*Asio flammeus*)食性初探。特有生物中心 4(2): 63-71。
- 林文隆、謝文欽。2004。台灣日型性猛禽新成員—黑肩鳶生態介紹。自然保育季刊 46: 47-55。
- 林清賢、陳小麟、周曉平、江航東、彭志偉、林鵬。2004。黑翅鳶在福建分布及其繁殖生態的初步研究。廈門大學學報 43(6): 870-874。
- 胡景程。2008。台灣南部都市環境鳳頭蒼鷹之巢位選擇。國立屏東科技大學碩士論文，屏東。
- 唐兆和、陳友鈴、唐瑞干。1993。福建鳥類新紀錄—黑翅鳶。四川動物 12(3):4。
-

- 唐兆和、陳友鈴。2001。福州地區的黑翅鳶。四川動物 20(1):33。
- 翁榮炫。2004。黑翅鳶在台灣的首次繁殖記錄。臺灣猛禽研究 (2): 22-27。
- 高育人、蔣果丁、林木。2002。黑翅鳶在華南的分布。動物學雜誌 37(3): 56-58。
- 郭東輝。2008。嘉義沿海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)之族群生態調查計畫-I。中華民國野鳥學會，台中。
- 陳芳敏。2010。彰化縣農地使用之地景分析與適宜性探討。彰化師範大學碩士論文，彰化。
- 單凱、王廣豪、周莉、辛洪泉、宋守望。2005。黑翅鳶在黃河三角洲的分布及生態習性。山東林業科技 159(4):4。
- 彭仁傑、楊嘉棟、許再文、曾彥學、黃朝慶、陳志輝、沈明雅。1997。彰化縣維管束植物之調查。台灣省特有生物研究保育中心，集集。
- 曾翌碩。1994。福寶與鰲鼓地區渡冬短耳硝食性選擇。國立屏東科技大學碩士論文，屏東。
- 彰化縣政府。2010。彰化縣統計要覽。彰化縣政府，彰化市。
- 彰化縣政府主計處。2012。縣市重要統計指標。網址：
http://tesri.coa.gov.tw/show_report.php?id=628。檢閱日期：2012/3/1
- 盧高宏。2004。作物鼠害防治策略。國際植物健康管理研討會專集。
- 蕭慶亮。2001。台灣賞鷹圖鑑。晨星出版社，台中。
- 謝世達、周大慶、陳建樺。2009。嘉義縣沿海地區黑翅鳶(*Elanus caeruleus*)之族群生態調查計畫-II。嘉義縣野鳥學會，朴子。
- 顏重威。1996。中國野鳥圖鑑。翠鳥文化事業有限公司，台北