

行政院農業委員會保育研究系列 95-14 號

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 95-07-8-01

台東縣赫氏角鷹生態行為、棲地環境與
族群分佈研究計畫

**Eco-behavior, Habitat Environment and
Population Distribution of Mountain Hawk Eagle
in Taitung**



何錦尚
Chin-shang Ho

協同研究人員：方敏慎、王克孝、蔡偉勛、蘇俊榮

委託單位：行政院農業委員會林務局台東林區管理處

執行單位：台東縣野鳥學會

中華民國九十六年三月

目 錄

中文摘要	VII
Abstract	VIII
壹、前言	1
貳、文獻探討	3
一、赫氏角鷹的生態習性	3
二、動物的空間分布與環境因子之關係	6
三、野生動物的棲地及空間分布之推導	7
參、研究材料與方法	11
一、研究區域概述	11
二、研究材料	14
三、研究方法	15
肆、結果與討論	24
一、赫氏角鷹的生態行為分析	24
二、人為干擾對赫氏角鷹出現率的影響	33
三、地形地貌因子對赫氏角鷹出現率的影響	43
四、植群土地利用類型及植生量對赫氏角鷹出現率之影響	53
五、赫氏角鷹族群空間分佈模擬與分析	60

六、赫氏角鷹保育現況之探討.....	68
伍、結論.....	70
陸、建議.....	72
柒、謝誌.....	73
參考文獻.....	74
附錄一 調查期間記錄之其他猛禽名錄.....	84
附錄二 彩色圖版.....	85

圖目錄

圖 1 赫氏角鷹全球地理分布圖	4
圖 2 台東縣地理位置圖	11
圖 4 赫氏角鷹紀錄分析圖	26
圖 3 赫氏角鷹紀錄分析圖	26
圖 4 有赫氏角鷹紀錄年齡組成分析圖	26
圖 5 赫氏角鷹求偶行為紀錄季節頻度分布圖	31
圖 6 赫氏角鷹保護幼鳥及領域行為紀錄季節頻度分布圖	32
圖 7 2004 至 2006 年各樣區赫氏角鷹觀察紀錄趨勢圖	33
圖 8 台東縣赫氏角鷹各鄉鎮市研究區域分布圖	34
圖 9 赫氏角鷹出現頻度於各人口密度等級趨勢圖	36
圖 10 調查樣區與道路距離等級之赫氏角鷹出現分布圖	38
圖 11 赫氏角鷹出現頻度和調查地點與道路的距離等級趨勢圖	39
圖 12 各調查樣區至最近開發城鎮距離等級與赫氏角鷹出現分布圖	40
圖 13 赫氏角鷹出現頻度和調查地點與開發城鎮的距離等級趨勢圖	41
圖 14 台東縣赫氏角鷹研究區域海拔分布圖	44
圖 15 赫氏角鷹出現頻度和調查地點海拔等級趨勢圖	45
圖 16 台東縣赫氏角鷹研究區域坡度分布圖	48
圖 17 赫氏角鷹出現頻度和調查地點坡度等級趨勢圖	49

圖 18 台東縣赫氏角鷹研究區域坡向分布圖	51
圖 19 福衛二號台東縣植群土地利用類型分類圖	54
圖 20 台東縣植生指標分布圖	56
圖 21 赫氏角鷹出現頻度和調查地點植生指標等級趨勢圖	59
圖 22 赫氏角鷹出現指數分布圖	63
圖 23 赫氏角鷹出現機率分布圖	63
圖 24 台東縣赫氏角鷹出現機率等級分布圖	64
圖 25 極高與高等級之實際有鷹紀錄統計圖	65
圖 26 台東縣之赫氏角鷹每對成鳥模擬核心區及活動範圍	67

表目錄

表 1 台東縣各鄉鎮市人口密度統計表	14
表 2 福衛二號衛星遙測酬載儀器大略規格表	15
表 3 台東縣赫氏角鷹調查位置與調查樣區統計表	16
表 4 植群土地利用類型類別說明	22
表 5 單次紀錄 6 隻赫氏角鷹不同個體觀察紀表	25
表 6 各個調查地點赫氏角鷹數量統計表	26
表 7 調查期間赫氏角鷹繁殖行為敘述表	29
表 8 調查期間赫氏角鷹護幼及領域行為敘述表	29
表 9 赫氏角鷹紀錄與季節分布統計表	30
表 10 各鄉鎮市赫氏角鷹有無出現次數與人口密度統計表	35
表 11 鄉鎮市人口密度等級與有無赫氏角鷹出現交叉表	36
表 12 各調查樣區至道路距離等級與有無赫氏角鷹出現交叉表	37
表 13 各調查樣區至最近開發城鎮距離等級與有無赫氏角鷹出現交叉表	41
表 14 各調查樣區海拔高度與有無赫氏角鷹出現交叉表	45
表 15 各調查樣區坡度與有無赫氏角鷹出現交叉表	49
表 16 各調查樣區坡向與有無赫氏角鷹出現交叉表	52
表 17 衛星影像監督性分類植群土地利用類型說明表	53
表 18 台東縣衛星影像監督性分類誤差矩陣表	55

表 19 赫氏角鷹出現頻度與植群土地利用類型交叉表	57
表 20 赫氏角鷹出現頻度與植生指標等級交叉表	59
表 21 邏輯迴歸各項環境因子權重係數表	61
表 22 邏輯迴歸各項環境因子統計表	62
表 23 有顯著差異之環境因子邏輯迴歸分析表	62
表 24 赫氏角鷹出現次數與各出現機率等級統計表	65

中文摘要

猛禽是食物鏈最頂端的物種，一個地區有猛禽生存，表示這個地區的生態體系並未遭受破壞，為一重要的環境指標。赫氏角鷹係本島體型最大的居留性猛禽，目前名列「瀕臨絕種」保育類野生動物名單中，並受到 CITES 保護。本研究的主要目的，係了解台東縣赫氏角鷹的分布範圍及生態行為，更進一步以地理資訊系統，探討赫氏角鷹之棲地環境，並推估其族群量。本研究以 2004 年 1 月至 2006 年 12 月的猛禽調查資料，配合人類開發程度、數位地形、植被與土地利用的數位圖層資料，進行台東縣赫氏角鷹之分布模式推估。研究結果顯示，目擊赫氏角鷹的紀錄在人為干擾因子中，與人口密度、道路開發和城鎮區開發的環境因子有極顯著關聯性；在人口密度低、距離道路與城鎮開發較遠處赫氏角鷹有較高之出現頻度。在地形地貌因子中，與海拔高、坡度與坡向有極顯著關聯性；在海拔 1,000 m 至 2,000 m 與坡度 25° 至 45° 之間和西向坡，赫氏角鷹有較高之出現頻度。在植群及土地利用類型和植生指標，赫氏角鷹出現頻度皆有極顯著關聯性，在森林類型和中、高植生指標之區域，有較高出現頻度。本研究以空間性之環境因子資料，利用邏輯迴歸分析，得知與赫氏角鷹分布有顯著相關之環境因子，為海拔高、坡度與城鎮開發。本研究以環境因子為基礎，所建立之赫氏角鷹的空間分布模式，推導台東縣赫氏角鷹出現機率分布圖與族群數量，對未來赫氏角鷹之保育有參考價值。

關鍵詞：熊鷹(赫氏角鷹)、數值地形模型、空間分析、猛禽、邏輯迴歸

Abstract

The raptor is a species in the top of food chain that is an important environmental indicator, if it to be there, the ecosystem is relatively stable. Mountain Hawk Eagle is the largest resident raptor in Taiwan which is in the endangered wildlife list and protected by the CITES . The purpose of this study is to understand the distribution range and eco-behavior of Mountain Hawk Eagle in Taitung. Further more, we use the Geographic Information System to know the habitat environment and the population of the Mountain Hawk Eagle. The data used in this study are from the raptor survey conducted from Jan. 2004 to Dec. 2006, we try to predict the distribution model of the Mountain Hawk Eagle by using the digital coverage of the human development, digital terrain, vegetation, and land-use pattern to predict the distribution model of Mountain Hawk Eagle in Taitung. In this study, we found the distribution of the Mountain Hawk Eagle is significantly related to the population density, road development and urban development. In the place where there is lower population density, the farther distance to the road and urban, the occurrence frequency of the Mountain Hawk Eagle is higher. In the topography factors, we found the distribution of the Mountain Hawk Eagle is significantly related to the elevation, slope and aspect factor. We found the highest frequency is between the elevation of 1,000 m to 2,000 m ,the slope of 25° to 45° and the west aspect. The occurrence frequency of the Mountain Hawk Eagle is significantly related to both the vegetation-landuse pattern and NDVI. We found the highest frequency is in the forest pattern and middle to high NDVI. We used spatial environmental factors in this study. The spatial distribution model of the Mountain Hawk Eagle established by logistic regression was significant with the environment factors of elevation, slope and urban. Finally we established the spatial distribution of the Mountain Hawk Eagle based on environment factors to deduce the occurrence probability map and population of the Mountain Hawk Eagle in Taitung that

is a reference for the conservation for Mountain Hawk Eagle in future.

Keywords: Hodgson's Hawk Eagle, Digital Terrain Model, Spatial analysis, Raptor (birds of prey), Logistic regression

壹、前言

鳥類是生態系統中很重要的環節，在維持生態平衡中扮演著十分重要的角色。它們食性多元，以嚙齒目動物和昆蟲為食的鳥類對農林的危害有控制的作用；以花蜜和植物種子為食的鳥類，甚至擔任傳粉和散播種子的角色。在生態系統的食物鏈和食物網中鳥類都是重要環節，在生態系最頂端的食肉鳥類又是環境污染的指標生物，它們在自然生物群落中的作用有著最重要的價值(高璋，1995)。就環境監測而言，鳥類佔了十分重要的地位，而其中又以位居食物鏈最頂端的猛禽為最。猛禽是食物鏈最頂端的物種，一個地區有猛禽生存著，表示這個地區必定生存著足以供給他們食物來源的小型動物，也表示這個地區的生態體系相對穩定(蕭慶亮，2001)。

在台灣至少有 32 種日行性猛禽，其中包含 6 種留棲性猛禽。猛禽原本就有數量少、繁殖慢、領域大等生物特性，其族群非常容易因人為的迫害而銳減，甚至瀕臨絕種(林文宏，1992)。台灣的猛禽近年來受到頗為嚴重的生存壓力，農委會依「野生動物保育法」所公告的保育類野生動物名錄中，列入國內瀕臨絕種的 19 種鳥類，猛禽就佔了 9 種。而整個名錄共有 90 種本國保育類鳥類，猛禽就佔了 24 種，逾四分之一，亟需進行各項保育措施(孫元勳，2004)。

台東縣被人常稱為台灣本島最後一塊淨土，自然資源十分豐富。俗稱熊鷹的赫氏角鷹(*Spizaetus nipalensis nipalensis*)，是本島體型最大的居留性猛禽(沙謙中，1989)，在台灣野鳥圖鑑中被分類為稀有之留鳥(王嘉雄等，1991)。行政院農業委員會依野生動物保育法公告的保育類野生動物名錄中，赫氏角鷹的保育等級歸類為「瀕臨絕種野生動物」，在國際上赫氏角鷹更受到華盛頓公約(Convention on International Trade in Species of Fauna and Flora, CITES)的保護(中華民國野鳥學會，1997；方偉宏，2005)。

地理資訊系統(geographic information system, GIS)為一有效的自然資源整合及分析工具。在土地利用變化、植被格局、地景內動物分佈、地形測量以及地景過程的描述中，均有廣泛運用的前景(趙羿等，2003)。而

對於猛禽的分布情形、活動範圍或棲地利用分析，也有許多國內外研究使用地理資訊系統做為分析之工具(Austin *et al.*, 1996; Whitfield *et al.*, 2001; Tatsuyoshi, 2003；Bustamante and Seoane, 2004; Sergio *et al.*, 2004; Yamazaki, 2005；周大慶，2005)。

本研究的目的是在於了解台東縣境赫氏角鷹的生態行為；利用地理資訊系統做為工具，探討赫氏角鷹分布範圍與生態環境之間的關係，模擬赫氏角鷹之棲地環境，進而推估其族群數量，以提供森林資源經營管理之參考，以供未來能具體研擬保育計畫。

貳、文獻探討

一、赫氏角鷹的生態習性

(一)猛禽的定義及生態地位

猛禽(raptor, birds of prey)有著幾項特徵，它們有著強而有力的腳爪來捕捉獵物，鈎狀的嘴喙來撕扯食物(Brown, 1997)，腳爪銳利而彎曲，翅強善飛，視覺發達，性情凶猛(高瑋，2001；許維樞，1995；蕭慶亮，2001)。在分類上猛禽包含了日行性猛禽的隼形目(Falconiformes)和夜行性猛禽的鴉形目(Strigiformes)。

劉小如等(1987)指出在 1960 年代，科學家因為發現猛禽巢中破蛋或畸形蛋出現的頻率急劇地上升，進一步的研究發現這些猛禽有大量繁殖失敗的例子。這些鳥類是位於食物鏈末端的猛禽或掠食性水鳥，牠們的體內都呈現高濃度的 DDT 污染，導致母鳥產下的鳥蛋蛋殼薄到無法承受成鳥孵蛋的重量。猛禽在生態系統中有著重要的作用，是食物鏈的頂端物種，也是生態系健康與否的指標之一，這些鳥類的多寡在客觀上反應了人類的生命維持系統的健康與否(高瑋，2001)。而捕食鼠類的猛禽在森林保護上有著突出的貢獻，對於阻斷傳染性的傳播也有著積極的作用。在生態系中猛禽捕食多為老弱病的個體，對於維持生物種群密度和健康也發揮了控制和調節的作用，而被譽為「自然界的清道夫」。猛禽在自然界必須佔據較大的領域，對於環境或棲地的要求相當高，在維持生態系統的平衡中佔著十分重要的地位(許維樞，1995；高瑋，2001)。

(二)國內外赫氏角鷹的分佈環境與生態習性

台灣的赫氏角鷹英名為 Mountain Hawk Eagle 或 Hogson's Hawk Eagle，中名俗稱熊鷹或鷹鵟，隸屬於鳥綱(Aves)的隼形目(Falconiformes)鷹鵟科(Accipitridae)鷹鵟屬(*Spizaetus*)。全球地理分布係在於亞洲地區，有 3 個亞種分別在中國東南部、台灣、喜馬拉雅山、尼泊爾到泰國(*S. n. nipalensis*)，日本(*S. n. orientalis*)與印度西南部、斯里蘭卡(*S. n. kelaarti*)(Ferguson-Lees and Christie, 2001)如圖 1。

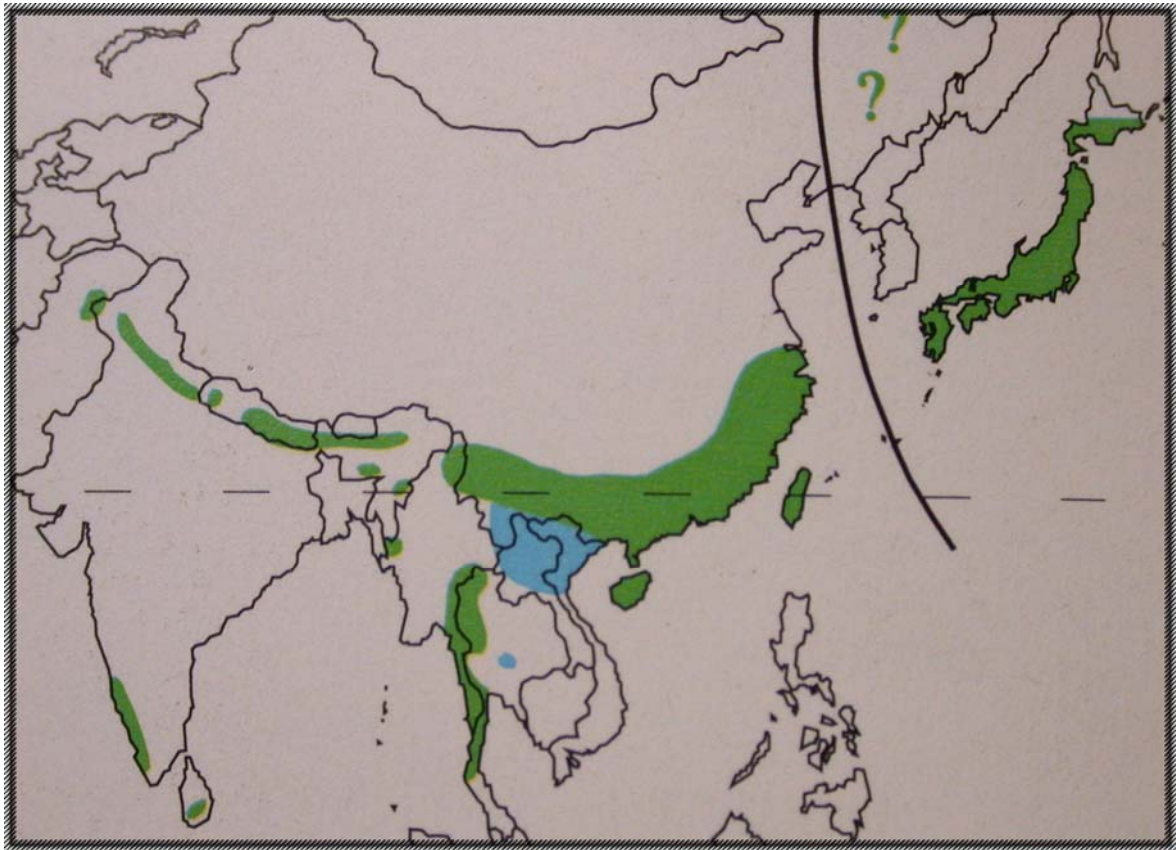


圖 1 赫氏角鷹全球地理分布圖(引用自 Ferguson-Lees and Christie, 2001)

赫氏角鷹在台灣的繁殖及生態情形，目前尚無任何的正式報告，在緯度與台灣相似的印度北部繁殖期為 2 至 3 月，有時延伸至 5 月(林文宏，1992)。浜口哲一等(1991)指出日本亞種 2 月時開始求偶及築巢行為，3 月下旬至 4 月間產卵，抱卵日大約 50 日，至幼鳥成熟獨立約 70~80 日。

飯田知彥(1996)指出赫氏角鷹日本亞種在日本 12 月開始有繁殖行為，雄鳥與雌鳥開始徘徊在築巢地附近。雄鳥更早的話大概在 9 月下旬左右就開始在築巢地附近徘徊，定期的在築巢地附近飛行或在築巢地附近開始發聲，以吸引雌鳥到築巢地，這個情形可以充分判斷是赫氏角鷹繁殖的早期階段。而後大概在 2 月左右開始築巢，築巢期大約為期 1 個月，在 3 月左右產卵，孵卵日數約 48 天。幼鳥孵化後到擁有離巢飛行的能力的期間，只要有一點點的刺激，都會導致親鳥繁殖的中止，甚至放棄鳥巢而去。赫氏角鷹是非常敏感的物種，即使在幼鳥長到快跟親鳥幾乎一樣體型的階段，只要刺激到親鳥，也會中止繁殖放棄幼鳥。幼鳥的行動圈較為狹窄，離巢獨立後也在築巢木附近活動，即使離巢獨立後 10

個月也只大概在築巢木大約 1 km 的範圍內行動。(藤田雅彥等 1995；Yamazaki, 2005)。

Murate(2003)依功能來定義赫氏角鷹的活動範圍為 1.離巢幼鳥(fledgling)的活動範圍，為完全獨立前所需；2.繁殖領域(breeding territory)，繁殖配對的成鳥所佔領的區域；3.核心區(core area)，為配對成鳥終年使用的區域之中使用頻度較高之部分。而日本赫氏角鷹生態研究會(1995)提出每對成鳥的分佈密度為 25 km² (n=38)，其鄰近的成對赫氏角鷹活動範圍應該是相互重疊的。Yamazaki (2005)認為一對赫氏角鷹的活動範圍包括巢位、幼鳥擴散前的活動範圍、繁殖期間的領域，一個包含大部分狩獵區域的核心區，以及核心區域外的獨立獵場，並推估出其活動範圍(home range)雄鳥為 10.74 km²，雌鳥是為 8.90 km²，雌雄每對為 11.73 km²，而活動核心區域面積為 5.66 km²。印尼同屬爪哇鷹鵑(*Spizaetus bartelsi*)每對的活動範圍為 15.875 km² (Kuswandono, 2003)。

飯田知彥和森本榮(1995)關於赫氏角鷹的棲息環境，最低限度是要有胸徑大的樹木作為築巢使用，而有廣大範圍的森林林地也是非常重要，而以地形較為複雜的森林林地尤佳。而赫氏角鷹的棲息森林環境基本所需，是一個地方周圍至少要兩個以上面積 1 ha 的森林，地形方面以平均坡度(slope)為 40° 以上的急陡坡面且複雜地形的地方，另外築巢的環境裡有著作為食物來源的小型動物棲息的環境，加上人類所干擾不到的殘留天然林。山崎亨(1996)認為主要棲息在東南亞熱帶森林的赫氏角鷹，幅度較寬的翅膀適合在空中迴轉和俯衝，有利牠在森林內部的飛行。

高瑋(2001)指出於本島同亞種的赫氏角鷹在中國大陸的分佈情形是屬於森林的猛禽，但也到平原地區的高大喬木停落，多停落於枯枝上。在雲南多分布在海拔 2,000 m 至 2,600 m 的高山森林中。主要以俯衝捕食地面上的獵物。

林文宏(1992)認為赫氏角鷹的棲息海拔範圍為 300 m 至 3,000 m。赫氏角鷹的棲息環境為中低海拔的原生闊葉林或針闊混合林(林文宏，1992；蕭慶亮，2001)，絕少進入人工林或次生林，若進入也只是暫時性。所要求的領域很大，且對於人類活動的入侵不能忍受，因此只能棲息於

大片完全未開發的天然林中(林文宏, 1992)。

赫氏角鷹的主要食物來源之一為中小型哺乳類, 如野兔(*Lepus sinensis formosus*)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*) 和松鼠科(*Sciuridae* spp.)等; 鳥類有雉科(*Phasianidae* spp.)、鳩鴿科(*Columbidae* spp.)和雁鴨科(*Anatidae* spp.)等; 兩棲爬蟲類有蛇類(*Serpentes* spp.)和蜥蜴(*Sauria* spp.)等 (Ferguson-Lees and Christie, 2001; 赫氏角鷹生態研究會, 1995; 林文宏, 1992; 高瑋, 2001; 蕭慶亮, 2001)。

赫氏角鷹覓食方式主要採伏擊方式, 先停於視野遼闊之枝桠上, 當獵物出現時, 即低空飛近接近獵物, 再急速俯衝撲擊(林文宏, 1992; 沙謙中, 1989; 姚正得、許富雄, 2004)。日本曾針對鈴木(Suzuka)山區以翼標(wigmarkers)和無線電(transmitter)研究其活動範圍時指出, 赫氏角鷹每日飛行時間的比例小於 10%, 大部份時間都待在森林邊緣或內部, 在而飛行主要是為了獵食與展示(Ichinose, 2003)。關於赫氏角鷹的求偶行為, 蕭慶亮(2001)指出赫氏角鷹的求偶行為模式係雄鳥進行波浪狀飛行, 急速爬升。有時在雄鳥波浪狀飛行時對雌鳥模擬攻擊, 這時雌鳥會反轉身體, 伸出腳爪迎擊, 雌雄一起盤旋飛行, 雄鳥緊跟在後。Ferguson-Lees 與 Christie(2001)指出赫氏角鷹的空中求偶行為包含了明顯且發出喧鬧聲的高度盤旋, 單獨和共同皆曾出現, 且有急遽上升下降的波浪狀空舞(sky-dance), 在波浪飛行的每個高點發出高亢的鳴叫聲。

二、動物的空間分布與環境因子之關係

GIS 提供吾人得以用數位格式, 測計物種調查分布地點的環境變量, 這些統計試驗上變量可作為某特定物種的分布之潛在指標。而導出的統計模式亦可產生預測的物種分布圖 (Pereira and Itami, 1991; Guisan *et al.*, 1998; He *et al.*, 1998)。

Bustamante 與 Seoane (2004)在對於普通鵟(*Buteo buteo*)、短趾鵟(*Circaetus gallicus*)、靴鵟(*Hieraaetus pennatus*)和黑鵟(*Milvus migrans*)四種猛禽分布的預測中, 以車輛沿公路以 20 km/ hr 的定速進行猛禽調查(census), 他們使用了數位高程模型 (digital elevation model, DEM)和土地

利用及土地覆蓋的數位地圖，而產生了數個統計模式變量，結果發現地形地貌(topography)和植被(vegetation)與土地利用，對於森林中的猛禽分布的預測有相當的能力，但若二者單獨探討則無法提供準確預測，研究結果指出普通鵟和黑鵟的模式具有高度預測性，且容易以生態觀點解釋，雖然短趾鵟和靴鵟並不容易解釋，但也比原來的分布地圖資訊為佳。依此模式在有限的田野調查之下，仍得以用取自於數位地圖的環境變量指標，準確地建立猛禽分布的預測模式。

Sergio *et al.*(2004)以樣區大小為 10 km× 10 km 網格的鷹鴉(*Bubo bubo*)之巢位(nest sites)紀錄，以 GIS 推估其棲地適合度模型。所使用的變數為有巢位等級、距離變數和地景等級。Whitfield *et al.*(2001)則選取金鵟(*Aquila chrysaetos*)之活動範圍(home range)之平均坡度、平均海拔和平均森林覆蓋率作為變量。

Antongiovanni 與 Metzger(2005)在亞馬遜森林破碎帶(fragments)進行鳥類分布研究，針對了七種食性多元的地棲型或樹棲型食蟲鳥類，包含蟻鵟科(Thamnophilidae)、蟻鳥科(Formicariidae)、綠鵟科(Vireonidae)和鷓鴣(Troglodytidae)，探討不同地景單元的出現模式。研究過程中所討論的變量為破碎帶的基質(matrix)類型，在 1 ha、10 ha、100 ha 不同森林破碎帶和大面積的連續森林的鳥種出現頻率，結果認為鳥種在小型破碎帶能維持是取決於他們使用基質的能力，而增加基質間的滲透率可能為減少森林破碎化影響的方式。Brotons 與 Herrando (2001)在研究影響西北地中海盆地的松樹次生林的破碎化對鳥類群落的因素時，以破碎帶大小的影響、隔離(isolation)的程度，例如到廊道(corridor)的距離與到連續森林的最近距離，與植被結構三個變量討論，結果指出森林鳥類對於人類長期干擾、棲地流失和殘存嵌塊體(patch)的隔離相當敏感。

探討野生動物的分布模式預測之環境因子，就地形地貌、植被與土地類型和地景因素而言，研究不同物種有不同之選擇，本研究欲探討大型猛禽，應以較大之空間尺度(scale)的方向來探討之。

三、野生動物的棲地及空間分布之推導

(一) 邏輯迴歸之應用

邏輯迴歸(logistic regression)對於許多的生態現象，被認為可提供一較佳的適合模型(Morrison *et al.*, 1998)。Hashimoto *et al.* (2005)指出邏輯迴歸適合分析二組非常態分布(normal distribution)的資料，例如物種出現(present)和無出現(absent)的資料。Bibby *et al.*(1998)指出邏輯迴歸為一個極佳的方法來處理定義出現的值為 1，無出現的值為 0 之資料，因為此方法能以樣點的棲地變量的模型方程式，來預測鳥類出現的可能性。

Manela *et al.* (1999)在印度和尼泊爾的喜馬拉雅山境，比較了多元判別分析(multiple discriminant analysis)，邏輯迴歸和類神經網路(artificial neural networks)來預測鉛紅尾鴿(*Rhyacornis fuliginosus*)的出現與否，來自於 32 個變量敘述包括海拔高、坡度、棲地結構、化學性質和無脊椎生物量等。邏輯迴歸預測了 82%的個案，其預測準確度相較高於多元判別分析(73%)和類神經網路(69%)。且邏輯迴歸和多元判別分析二者皆比類神經網路在於電腦時間的處理上較有效率，同時也在提供測試假說於出現與否的環境效應更為簡單明確。邏輯迴歸和多元判別分析一般地有著更清楚的優勢於發展可測試的假說，因為他們提供了最清楚的指示在於分布的合理的因果關係。

Pereira 與 Itami (1991)以 GIS 和數位地圖的模型，應用於瀕危物種美國 Graham 山的紅松鼠之棲地適合度模型，發展出邏輯多元迴歸的模型，所使用的環境變量包含海拔、坡度、南北坡向、東西坡向、到開發地的距離、植被覆蓋類型和樹冠鬱閉度，分析的過程應用向後法(backward)和向前法(forward)。

Hashimoto *et al.*(2005)利用 GIS 針對日本 Osaka 地區的白頰山雀(*Parus major minor*)，使用邏輯迴歸建立棲地模型。結果發現影響白頰山雀的分布因子是在半徑 250 m 以內的森林覆蓋面積和 1 km 以內其它棲地的數量。

Sergio *et al.*(2004)以邏輯迴歸，整合生物多樣性指標和頂端捕食者鷹鴉的棲地選擇(habitat choice)和地區分佈；Austin *et al.*(1996)使用 GIS 和

遙測技術，預測普通鴛鴦空間分佈；Brotons and Herrando(2001)運用邏輯迴歸，研究森林破碎化的空間因子對鳥類群落影響的因素時，結果都能有良好的預測。

(二)地理資訊系統與遙測技術之應用

國內外學者應用運用地理資訊系統整合遙測技術來研究野生動物的空間分佈或棲地分析有很多。Whitfield *et al.*(2001)以在進行林業對於金鵑的影響時，以 GIS 模擬活動範圍的變數。他們套疊(overlap)森林覆蓋(cover)和生長分布利用的圖層，以產生逐年的開闊樹冠層和閉合樹冠層，半自然林地和開闊地的圖層。用以評估森林覆蓋圖層的時間動態(temporally dynamic)變化，來反應樹冠層和造林對於金鵑生殖影響的程度。Sergio *et al.*(2004)以 GIS 來整合大型猛禽鷹鴉的個體棲地選擇和族群的地區分佈情形，棲地分析以逐步邏輯迴歸模式，藉由預測局部和地理分佈情形、推估地區族群大小和預測未來棲地流失與棲地品質下降的族群等方向，來促進此棲地選擇模式的保育價值。Roy and Tomar(2000)以 LISS II 衛星遙測資訊進行土地利用分類，藉由地景指標與干擾來源，推估三個地區的干擾程度與生物豐富度(biological richness)，其研究結果顯示生物豐富度隨著干擾程度上升而下降，而地景的干擾主要來自於人類活動，如耕地移轉、森林砍伐與採礦，其結果導致地景破碎化及許多特有種消失。

Gerrard *et al.*(2001)研究草原指標物種美洲小灰狐，以 GIS 為工具，將高解析(resolution)的植群資料，轉換成格式化的網格(grid)植被土地利用資料。並嘗試將大量的田野資訊轉換成空間棲地模型，以取得棲地內部的品質和鄰近脈絡(neighborhood context)，目的係評估棲地品質的良窳是否能持續保存本物種。Kolber 與 Adamic(2000)以決策樹(decision tree)的理論基礎運算，來結合棕熊的目擊紀錄和地理資訊系統的圖層。主要採用的環境因子為森林覆蓋百分率、與人類居住地的接近程度和海拔高度等。在以 GIS 過濾出小於 5,000 ha 的嵌塊體之後，所建立之棕熊棲地模型準確度高達 89%。Palmeirim(1988)使用 Landsat 衛星的遙測資料和 GIS 來繪製鳥種棲地，考慮到不只土地覆蓋同時有棲地空間的特性，例如最小嵌塊體大小和到邊緣的距離。這些資料與鳥種計數結合而自動形成

分布、適合度和密度圖，以及產生了族群量數的評估。

陳朝圳(1999)以 GIS 整合遙感探測影像林型分類資料及地形模型資料配合模糊(fuzzy)集合理論，進行山羌的棲息地分析評估。結果指出地面調查資料所建立之評估準則，為應用地理資訊系統推估空間性資訊不可或缺之過程，而地理資訊系統為資料整合之有效工具。林金樹(2004)則指出野生動物資源的分布是規劃資源保育區時必須考量的重要因子之一，由於台灣複雜的森林環境之限制，調查者很難掌握存在於森林內的野生動物每一物種的個體數量。因此，結合 GIS 空間統計方法與野生動物地面調查樣區的資料，繪製生物多樣性的空間分佈圖，得以探討野生動物物種多樣性的空間分布型態。李培芬(1995)以 GIS 的空間資料整理技術應用於監測關渡地區地景變遷與當地鳥類群聚變化之關係，認為 GIS 空間方面的研究頗適合探討鳥類的棲地、變遷，以分析鳥類之活動範圍、棲地喜好，進而針對環境變遷進行生態模擬以預測其未來變化趨勢。

參、研究材料與方法

一、研究區域概述

台東縣位於台灣本島之東南部，包括蘭嶼和綠島如圖 2。東臨太平洋，北接花蓮縣，西南以中央山脈與高雄縣和屏東縣兩縣毗鄰。轄境範圍介於東經 120°44'至 121°37'，北緯自 21°56'至 23°26'之間。全縣總面積 3,616.2526 km²，幾佔全台 1/10，為本島第 3 大縣(林玉茹，1999)，其中平地鄉鎮市面積 1,443.8357 km²，佔總面積 41.07%，山地鄉面積 2,071.4169 km²，佔 58.93%(台東縣政府，2005)。

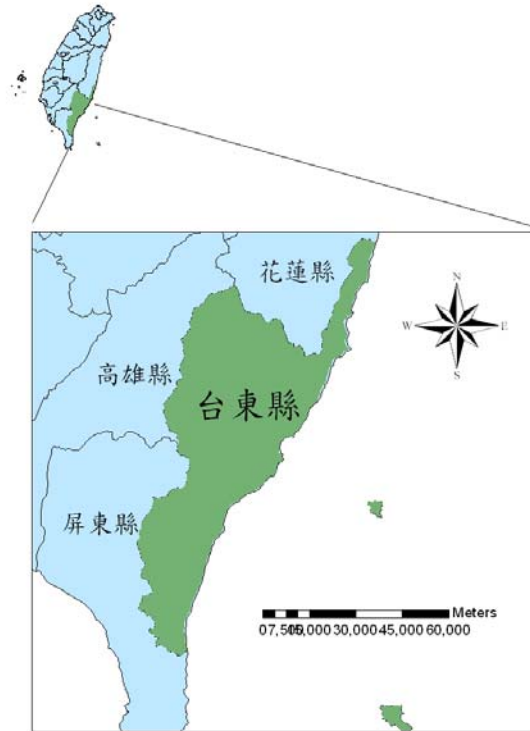


圖 2 台東縣地理位置圖

(一)地形

台東縣位於中央山脈東側，與海岸山脈平行，地勢自西至東傾斜成為南北長而東西窄之地形。西側的中央山脈，屬於高山峻嶺的地形，全區多為高於 2,000 m 以上的區域，東側的海岸山脈則為丘陵型的地形，全

區最高峰僅 1,000 m 以上(劉瑩三, 1999)。海岸線南北長 183 km。境內多山, 面積佔全境之 85%, 海岸階地頗為發達, 兩山脈夾谷間形成之縱谷堆積原野, 延續至卑南溪、利嘉溪、知本溪等三條溪流出口的沖積扇所構成的台東平原地帶, 中央山脈自大武山東南, 山勢降低, 而與恆春丘陵連接(台東縣政府, 2005)。

(二)氣候

台東縣的氣候, 依照植群地理氣候, 歸為東部區南段(台東市以北)、東南區(台東市以南)及蘭嶼區。其中蘭嶼區氣候代表恆溼性氣候; 東部區南段及東南區, 則屬於夏雨型氣候區(即冬季雨量較少或幾乎沒有)。但東部及東南區, 其雨量分布特性介於恆溼性氣候及夏雨型氣候之間, 乃因冬季時受東北季風影響, 在山坡迎風面常會降雨, 而在北風坡的山谷則為雨影帶, 下雨極為稀少。但中海拔以上地區雨量分布特性, 已不能適用, 而僅能將之歸為中央山區氣候型(Su, 1984; Su, 1985; 施炳霖, 1999)。

(三)植被分布

台東縣植被的分布, 在中央山脈的原生植物社會可區分為: 3,000 m 以上的裸岩或碎石環境的高山矮盤灌叢植群帶、2,500 m~3,600 m 的針葉林、1,700 m~2,500 m 的針闊葉樹混合林、1,700 m~2,500 m 主要以櫟(*Quercus* spp.)林帶為主的山地常綠闊葉林、600 m~1,700 m 主要為楠(*Machilus* spp.)櫛(*Castanopsis* spp.)林帶的山地下層常綠闊葉林與 600 m 以下主要以榕(*Ficus* spp.)楠林為主的低地常綠闊葉林; 松林次生林及草地植物社會可分為 2,500m 以上的高山箭竹草原及高山芒草原、300 m~3,200 m 的松(*Pinus* spp.)林、600 m~2,600 m 的主要以台灣赤楊(*Alnus formosana*)為優勢的次生林、1,000 m 以下的低海拔次生林。而海岸山脈部分本區因最高海拔僅有 1,682 m(新港山), 可見到之社會類型有櫟林帶下層、楠櫛林帶、及榕楠林帶之植物, 其組成與中央山脈區相似。但下列數種則較少或未出現於中央山脈區, 包括台東石楠(*Photinia ardisiifolia*)、恆春楊梅(*Myrica adenophora*)、灰背櫟(*Cyclobalanopsis hypophaea*)、唐杜鵑(*Rhododendron simsii*)、恆春紅豆樹(*Ormosia hengchuniana*)、微粗毛樓梯

草(*Elatostema strigillosum*)及台灣假黃楊(*Liodendron formosanum*)等。另外，本區屬東部區南段氣候區，因冬季受東北季風之吹拂，部分中央山脈中高海拔之植物亦下降分布於本區的山頂附近，如玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)及台灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*) (施炳霖，1999)。

(四)土地利用

台東縣截至 93 年底為止，已登記土地面積 265,881.4463 ha，占全縣土地總面積之 75.64%，未登記土地占 24.36%。已登記土地中直接生產用地(包括水田、旱田、林地、養殖及畜牧用地等)占 85.39%，建築用地占 0.45%，交通水利用地占 1.63%，其它用地佔 12.53%(台東縣政府，2005)。

(五)人口分布

依據台東縣政府 2006 年 2 月的統計資料指出台東縣本島鄉鎮市人口密度最高前 4 個鄉鎮市依序為台東市(1008.39 人/km²)、關山鎮(175.31 人/km²)、太麻里鄉(130.22 人/km²)與池上鄉(119.65 人/km²)。人口最少的 4 個鄉鎮皆為山地鄉，分別是達仁鄉(13.02 人/km²)、金峰鄉(8.99 人/km²)、延平鄉(8.27 人/km²)與海端鄉(5.29 人/km²)如表 1。

表 1 台東縣各鄉鎮市人口密度統計表

鄉鎮市	人口密度 人/ km ²	戶數	鄉鎮類別
海端	5.29	1,072	山地鄉
池上	119.65	3,200	平地鄉
關山	175.31	3,196	平地鄉
延平	8.27	1,033	山地鄉
鹿野	105.43	3,099	平地鄉
卑南	46.12	6,412	平地鄉
台東	1008.39	36,381	平地鄉
長濱	59.32	2,776	平地鄉
成功	118.66	5,274	平地鄉
東河	48.64	3,402	平地鄉
太麻里	130.22	4,493	平地鄉
金峰	8.99	963	山地鄉
大武	111.79	2,474	平地鄉
達仁	13.02	1,410	山地鄉

二、研究材料

(一)福衛二號衛星影像

福衛二號衛星影像(Formosat-2)係來自於國家太空中心規劃之我國自主擁有的第一枚遙測衛星「福爾摩沙衛星二號」，它與太陽同步軌道，每日通過台灣上空二次，繞行地球一週時間約 103 min，任務係對台灣及全球陸地及海域進行近實時之遙測作業，其應用方向有土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估及科學研究與教育等，其衛星酬載儀器之大略規格如表 2(國立中央大學太空及遙測研究中心，2006)。

表 2 福衛二號衛星遙測酬載儀器大略規格表

規格	內容說明
全色態(PAN)	0.45-0.90 μ m
多頻譜(MS)	0.45-0.52 μ m (藍光) 0.52-0.60 μ m (綠光) 0.63-0.69 μ m (紅光) 0.76-0.90 μ m (近紅外光)
遙測對地解析度	全色態 (黑白) 影像 2 m 多頻譜 (彩色) 影像 8 m
像幅寬	24 km

(二)數值地形模型

數值地形模型(digital terrain model; DTM)之地形屬性包括數值高程模型 DEM，坡度和坡向等。本研究使之數值地形模型為解析力 40×40 m 數值地形模型，其中所包含的地形屬性包括 DEM、坡度、坡向等，其中以 DEM 為主要地形屬性。DEM 中含有 XY 座標及 Z 高程值，經由 ArcGIS 或 Erdas imagine 軟體分析，推導出本研究所需之坡度、坡向和高程等因子。

三、研究方法

(一)赫氏角鷹出現之調查方法

1.調查位置與調查頻度

本研究調查樣區在中央山脈、花東縱谷及海岸山脈皆有分佈。調查時間由 2004 年 1 月至 2006 年 12 月共 406 次。本研究調查地點選擇為以車輛能到達之處為主，調查樣區如海端鄉主要調查地點為霧鹿林道、錦屏林道及南橫公路台東段沿線等；池上鄉主要調查地點為大坡池及山棕寮等，關山鎮為電光地區，鹿野鄉為永安等地區，延平鄉為延平林道及鸞山等，卑南鄉主要調查地點為利嘉林道，台東市有知本溼地及卑南文化公園等，太麻里鄉主要為藥山，金峰鄉主要有依麻林道，達仁鄉有新興社等，其它如大武鄉、長濱鄉、成功鎮與東河鄉皆有調查紀錄表 3。

表 3 台東縣赫氏角鷹調查位置與調查樣區統計表

行政區界	調查樣區	調查地點	環境類型	次數小計
海端鄉	霧鹿林道	霧鹿林道	森林	12
海端鄉	錦屏林道	錦屏林道	森林	30
海端鄉	南橫公路	下馬	森林	5
海端鄉	南橫公路	天龍	森林	1
海端鄉	南橫公路	向陽	森林	5
海端鄉	南橫公路	利稻	建成裸露地	3
海端鄉	南橫公路	初來	森林	1
海端鄉	南橫公路	栗園	森林	7
海端鄉	南橫公路	啞口	裸露地+森林	3
海端鄉	南橫公路	新武	森林	5
海端鄉	南橫公路	碧山	森林	1
海端鄉	南橫公路	摩天	草生、農耕地	11
海端鄉	南橫公路	霧鹿村	建成地+農耕地	3
海端鄉	其它	紅石林道	森林	1
海端鄉	其它	崁頂溪上游	森林	1
池上鄉	銅安山	銅安山	森林	4
池上鄉	牧野牧場	牧野牧場	草生、農耕地	4
池上鄉	其它	陸安排水道	森林	1
池上鄉	山棕寮	山棕寮	森林	5
池上鄉	大坡池	大坡池	水體及草生地	6
關山鎮	電光	電光	森林+草生農耕地	4
鹿野鄉	寶華山	寶華山	森林	3
鹿野鄉	龍田	龍田	草生、農耕地	1
鹿野鄉	永安	永安	建成地+草生農耕地	6
延平鄉	鸞山	鸞山	森林	9
延平鄉	紅葉清水橋	紅葉清水橋	森林	1
延平鄉	武陵	武陵	森林	6
延平鄉	延平林道	延平林道	森林	44
卑南鄉	知本林道	知本林道	森林	11
卑南鄉	知本二區	知本二區	森林	7
卑南鄉	卑南種畜	卑南種畜	森林	9
卑南鄉	其它	大南山	森林	1
卑南鄉	其它	比利良橋	森林	1
卑南鄉	其它	杉原	水體	1

表 3 台東縣赫氏角鷹調查位置與調查樣區統計表(續)

行政區界	調查樣區	調查地點	環境類型	次數小計
卑南鄉	其它	初鹿龍過脈	草生農耕地	1
卑南鄉	利嘉林道	利嘉林道	森林	44
台東市	知本溼地	知本溼地	裸露地+水體	27
台東市	卑南文化	卑南文化	草生農耕地	21
台東市	太平溪口	太平溪口	裸露地+水體	6
長濱鄉	南溪	南溪	森林	1
長濱鄉	長濱	長濱	森林	1
成功鎮	柑子山	柑子山	森林	1
成功鎮	成功高台	成功高台	森林	1
東河鄉	泰源	泰源	草生農耕地	6
東河鄉	東富公路	東富公路	森林	19
東河鄉	尚德	尚德	森林	7
東河鄉	其它	都蘭山	森林	1
太麻里鄉	藥山	藥山	森林	17
太麻里鄉	太麻里	太麻里	草生農耕地	1
金峰鄉	金針山	金針山	森林	2
金峰鄉	依麻林道	依麻林道	森林	15
金峰鄉	比魯	比魯	森林	1
大武鄉	金龍湖	金龍湖	水體	2
達仁鄉	達仁新興社	達仁新興社	森林	6
達仁鄉	新化	新化	森林	4
達仁鄉	其它	山豬窟	森林	2
達仁鄉	其它	加津林	森林	1
達仁鄉	其它	台坂	森林	1
達仁鄉	其它	安朔溪	森林	1
達仁鄉	其它	尚武	森林	1
達仁鄉	其它	歸田	森林	1
達仁鄉	加羅板	加羅板	森林	2

406

2.調查方法

本研究猛禽調查方法採用定點計數法(point count)及道路沿線調查法(road sampling)，道路沿線調查法為與穿越線法相近似之方法(Bookhout, 1996)。前者以在固定樣區地點在固定時間內紀錄所目擊之猛禽，後者為

選擇林道或其它調查路線，以步行速度約 2 km/hr 定速前進，紀錄所觀察的猛禽種類及數量，調查人員為具有野外調查經驗及猛禽辨認能力的台東縣野鳥學會資深調查人員。調查時間主要以為每日 8 時至 15 時，每次調查組員多在二人以上，先以目擊尋找空中活動或停棲之猛禽，再以 8 倍或 10 倍雙筒望遠鏡，輔以 20 倍高倍單筒望遠鏡，進行猛禽辨識工作。紀錄內容包括調查地點、日期、天氣、環境概述、目擊時間、鳥種、年齡和行為等，並以衛星定位系統(global position system, GPS)獲得調查地點的地理座標及海拔高度。

鳥類紀錄以 Excel 試算表軟體建檔，各欄位紀錄資料均以代碼建檔，觀察紀錄赫氏角鷹紀錄欄位 0 代表無赫氏角鷹紀錄，1 代表有紀錄；年齡欄位 1 代表成鳥，2 代表亞成鳥；生態行為紀錄 1 代表飛行，2 代表停棲，3 代表求偶行為，4 代表保護幼鳥與領域之驅逐行為。

(二)人為干擾因子對赫氏角鷹出現之影響

1.人口密度

本研究收集 2006 年 2 月台東縣各鄉鎮市人口統計資料，將各鄉鎮市人口密度等級區分高(>100 人/ km^2)、中(20 人/ km^2 至 100 人/ km^2)、低(<20 人/ km^2)三個等級，以 ArcGIS 軟體將各調查樣點座標串入台東縣鄉鎮市行政區界圖層，得知調查樣點所屬之鄉鎮市。並統計出各鄉鎮市不同人口密度等級中赫氏角鷹的有出現與無出現次數，及赫氏角鷹有無出現和各人口密度等之交叉表以卡方檢定(chi-square test)探討各鄉鎮市人口密度與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

2.道路環框效應

本研究利用全國道路地理圖層，用 ArcGIS 的環框分析(buffer wizard)功能製作出道路分級主題圖，所區分等級第 1 級為距道路 2 km 以內，第 2 級為距道路 2 km 至 4 km，第 3 級為距道路 4 km 以上。在獲得各調查樣點的道路環框屬性資料之後，統計出不同道路環框等級中赫氏角鷹的有出現與無出現次數，及赫氏角鷹有無出現和各道路環框等級之交叉表，以卡方檢定探討各道路環框等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

3.與最近開發城鎮的距離的環框效應

本研究製作出與開發程度高的城鎮不同距離之等級圖，第 1 級為距離 5 km 以內，第 2 級為 5 km 至 10 km，第 3 級為 10 km 以上。在獲得各調查樣點的與城鎮距離環框屬性資料後，統計出不同城鎮環框等級中赫氏角鷹的有出現與無出現次數，及赫氏角鷹有無出現和各城鎮環框等級之交叉表，以卡方檢定探討各城鎮環框等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

(三)地形因子對赫氏角鷹出現之影響

1.地形分析

本研究之地形地貌(topography)的圖層來自於 DTM。先以 ArcGIS 分類出高程、坡度與坡向之圖層，再調萃取調查樣區之地形地貌因子之屬性資料。

2.赫氏角鷹出現頻度與地形因子之關聯性分析

在獲得調查樣區之地形地貌屬性資料表後，給予分級。高程區分為 5 級，分別是第 1 級(0 m~500 m)、第 2 級(500 m~1,000 m)、第 3 級(1,000 m~1,500 m)、第 4 級(1,500 m~2,000 m)與第 5 級(2,000 m 以上)；坡度區分為 6 級，1 級坡(0° ~ 5°)、2 級坡(5° ~ 15°)、3 級坡(15° ~ 25°)、4 級坡(25° ~ 35°)、5 級坡(35° ~ 45°)與 6 級坡(45° 以上)；坡向區分為北向坡(315° ~ 45°)、東向坡(45° ~ 135°)、南向坡(135° ~ 225°)與西向坡(225° ~ 315°)。並分別統計出不同地形地貌因子中赫氏角鷹的有出現與無出現次數，及赫氏角鷹有無出現和各個地形地貌因子之交叉表，以卡方檢定探討各個地形地貌因子與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

(四)植群土地利用類型與植生指標量對赫氏角鷹出現之影響

1.植群土地利類型之空間分布

本研究係以福衛二號衛星影像，以 Erdas imagine 監督性分類功能，將之分類為森林(forest)、草生農耕地(grass)、溪流水體(water)、崩塌裸露

建成地(urban)四類。訓練樣區(training samples)的選擇以地面現場調查與航空照片為地真資料，每種類型選取 40 至 60 個訓練樣區，並採用最大概似法(maximum likelihood)進行影像分類。影像分類完成後，以逢機(random)取樣方式每個類別選取 60 個檢核點進行精確度評估(accuracy assessment)。本研究藉由誤差矩陣表(error matrix table)來計算其生產者精確度(Producer's Accuracy, PA)、使用者精確度(User's Accuracy, UA)、總體精確度(Overall Accuracy, OA)與 kappa 值，若總體精確度達 80%以上，即可提供為土地利用類型之圖層。其計算公式如下：

(1)生產者精確度：

$$PA_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^n X_{i+}} \times 100\%$$

(2)使用者精確度：

$$UA_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^r X_{+i}} \times 100\%$$

(3)總體精確度

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N} \times 100\%$$

X_{ii} 誤差矩陣第 i 行第 i 列的數值

X_{i+} 第 i 列之非斜線上之像元總數

X_{+i} 第 i 行之非斜線上之像元總數

N 像元總數，n 總分類組數

(4)kappa 值

$$K = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}$$

N：觀測樣本數，r：誤差矩陣之行數

X_{ii} ：誤差矩陣第 i 行第 i 列元素

X_{i+} ：誤差矩陣第 i 列之和

X_{+i} ：誤差矩陣第 i 行之和

2.植生指標之建立

目前植生指標健康的綠色植生在近紅外光有強烈的反射，因植物行光合作用時吸收紅光和藍光以累積其生物量。因此紅光和近紅外光，常被用來測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等。本研究係使用常態化差異植生指標(normalized difference vegetation index, NDVI)，定義為近紅外光波段與紅光波段數值之差與這兩個波段數值之和的比值，在使用衛星影像進行植被研究以及植物物候研究中被廣泛應用，是植物生長狀態及植被空間分布密度的最佳指標。其計算公式為：

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

其中 ρ_{nir} 為近紅外光反射值， ρ_{red} 為紅光反射值，其值介於-1.0 至+1.0 間。而 NDVI 小於 0 的像元值通常為非植生的雲層、水域、道路和建築物等像元。大於 0 時，表有植被覆蓋於地表，數值愈大表示綠色生物量之增加。福衛二號衛星影像的第 4 波段係近紅外光，第 3 波段係紅外光，本研究以 Erdas imagine 計算 NDVI。

3.赫氏角鷹出現頻度與植群土地利用因子之關聯性分析

因猛禽飛行能力強、活動範圍廣闊，植群土地類型因子若就以

點位屬性考量，恐有失偏頗。本研究土地利用類型以每個調查樣區座標為中心，在 ArcGIS 做出每個調查樣區的半徑 2 km 的環框，所得環框面積為 12.57 km²，較接近前人研究赫氏角鷹的活動範圍。並以計算(calculate)功能計算出環框內所有土地利用類型的百分率。若森林所佔面積的百分率大於 50% 以上則歸類為森林，是為類別 3；若森林面積小於 50%，草生農耕地大於 30% 以上，且草生農耕地的面積大於裸露建成地，則歸類為草生農耕地，是為類別 2；若森林面積小於 50%，裸露建成地大於 30% 以上，且裸露建成地的面積大於草生農耕地，則歸類為裸露建成地，是為類別 3 如表 4。

表 4 植群土地利用類型類別說明

類別	植群土地利用類型	說明
3	森林	選取環框中森林所佔面積的比率大於 50% 以上者
2	草生農耕地	選取環框中森林所佔面積比率小於 50%，草生農耕地大於 30% 以上，且草生農耕地的面積大於裸露建成地者
1	裸露建成地	選取環框中森林所佔面積比率小於 50%，裸露建成地大於 30% 以上，且裸露建成地的面積大於草生農耕地者

植生指標的計算係以福衛二號衛星影像算出後，對於 8 m 解析力的像元值粗化(degrade)450 倍，所得每個像元面積為接近赫氏角鷹活動範圍的 12.96 km²。並將 NDVI 分為 3 個等級，低於 0.3 以下為等級 1，介於 0.3~0.6 之間為等級 2，大於 0.6 以上是為等級 3。

統計出不同植群土地利用類型與不同 NDVI 等級中赫氏角鷹的有出現與無出現次數，及赫氏角鷹有無出現和各個植群土地利用類型與 NDVI 等級之交叉表，以卡方檢定探討各個植群土地利用類型、NDVI 等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

(五)赫氏角鷹棲息地空間分布模擬

邏輯迴歸被認為能對於許多的生態現象，例如物種出現和無出現的資料，可提供一較佳的適合模型(Morrison *et al.*,1998)。本研究以邏輯迴歸的方式來預測赫氏角鷹潛在分布棲息區域。就有無赫氏角鷹出現為依變數，每筆野外調查資料當有赫氏角鷹出現時則為 1，若無則為 0。而以各個環境因子為自變數，本研究所採用的環境因子有人為干擾、地形地貌與植群土地利用因子。本研究先以 SPSS 10.0 進行邏輯迴歸，計算出各項因子的權重係數，以建立赫氏角鷹分布指數方程式如下：

$$Y=\alpha+\beta_1\text{Road}+\beta_2\text{Urban}+\beta_3\text{Elevaton}+\beta_4\text{Slope}+\beta_5\text{Aspect}+\beta_6\text{Landuse} \\ +\beta_7\text{NDVI}$$

其中 Y 為赫氏角鷹分布指數， α 為常數， $\beta_1\sim\beta_7$ 為係數，Road 為道路開發因子，Urban 為城鎮開發因子，Elevaton 為海拔，Slope 為坡度，Aspect 為坡向，Landuse 為土地利用，NDVI 為植生指標。再以 ArcGIS 的空間分析(spatial analyst)功能，將本研究所製作各個環境因子之圖層，分別給予權重係數，以計算出赫氏角鷹分布指數 Y。再根據分布指數 Y，推估出赫氏角鷹機出現機率分布圖。本模型推估之出現機率值 P，介於 0 與 1 之間，愈接近 1 者，表示赫氏角鷹出現機率愈高。以 Y 值計算赫氏角鷹出現機率值 P 的公式為：

$$P=\exp(Y)/(1+\exp(Y))$$

肆、結果與討論

一、赫氏角鷹的生態行為分析

(一)調查地點赫氏角鷹出現頻度與年齡分析

日本的赫氏角鷹的活動範圍中，其每日飛行時間為的比例小於10%，大部份時間都待在森林邊緣或內部(Ichinose, 2003；Yamazaki, 2005)。但因赫氏角鷹的在台灣分布紀錄資料甚少，對其分布環境了解十分有限，因此認為單一的調查方式恐無法完整預測赫氏角鷹的分布情形，故本研究採取定點計數法及道路沿線調查法二者並用，且受限於台東縣的多山複雜地形，本研究在部分深山區域車輛到達不易之處未能前往調查。

本研究在63個調查地點中，有27個有赫氏角鷹紀錄如表6。406次調查紀錄中，有赫氏角鷹紀錄有148次，佔36%；無赫氏角鷹紀錄有258次，佔64%如圖3。在有紀錄的224隻次赫氏角鷹的紀錄中，其中成鳥佔了166隻次，佔74%；亞成鳥58隻次，佔26%如圖4。

本研究紀錄赫氏角鷹之數量中，最常見到單一個體出現，偶見2隻以上出現。單日出現3隻個體有11次。單日出現4隻紀錄有5次，2005年2月及5月紀錄2隻成鳥與2隻亞成鳥同時出現，並對同於空中之林鵰有驅離行為，2006年4月曾紀錄4隻成鳥同時出現於空中飛行。一般而言，赫氏角鷹普遍被認為窩卵數(clutch)為1隻(浜口哲一等, 1991；林文宏與井上剛彥, 1996)。許維樞(1995)與高瑋(2002)認為每巢窩卵數為1至2個，而Ferguson-Lees與Christie(2001)與前二者有相同的看法，但也提出據說在日本Kiyosu地區有3個的紀錄。赫氏角鷹繁殖紀錄目前在台灣並無正式文獻可考，但飯田知彥(1996)指出日本部份地區赫氏角鷹在1985年左右每年都有繁殖紀錄，但1990年以後變成大約每2年繁殖1次，而1996年以後甚至有間隔數年才繁殖的成鳥。而幼鳥的第一年活動範圍經日本Yamazaki(2003)以翼標與無線電追蹤方式指出是為原巢位的1km左右；而Takehiko(2003)同樣以無線電追蹤方式研究幼鳥離巢後的活動範圍指出，幼鳥18至20個月內活動範圍為原巢位的1km至2km以內，而

後方擴散至原巢位的 14 至 17km 以外。本研究期間並未發現有赫氏角鷹的每巢窩卵數為 2 個之情形，但曾發現有成鳥協同 2 隻亞成鳥飛行之紀錄，雖未直接證實赫氏角鷹繁殖 2 隻幼鳥，但以日本赫氏角鷹大多隔年繁殖的習性看來，間接說明了每巢窩卵數為 2 個之說法並非空穴來風。

當日最高紀錄為 6 隻不同個體，其一為 2006 年 11 月曾紀錄 6 隻不同個體出現(經拍照辨識確認)，其中成鳥 2 隻，亞成鳥或幼鳥 3 隻；其二為 2006 年 12 月，其中有 5 隻成鳥與 1 隻亞成鳥，2 隻成鳥互盤並有對爪情形如表 5。赫氏角鷹的領域性極強，每隻成鳥的活動範圍可能高達 10km² 左右，但其配對成鳥所使用之核心區域僅有 5.66 km²。而另外我們從 Yamazaki(2003)與 Takehiko(2003)的研究結果指出，經翼標與無線電追蹤方式發現幼鳥離巢 1 年後離開原巢位達 14km，而 23 個月以後更擴散至原巢位的 17km 地區。動物在地景的運動有三種方式，繁殖區域內的活動、疏散(dispersal)與遷徙(migration)。其中動物的疏散是指動物個體從其出生地向新的繁殖區域的單向運動。新的繁殖區域通常遠離其出生地，一般距離為原繁殖區域直徑的數倍，這種行為常見於接近成年動物的個體離開其父母去建立自己的新巢域(趙羿等，2003)。因此，因此我們知道某些樣區發現有多達 4 隻以上的赫氏角鷹，除非是本身成鳥所繁殖的的個體或交配對象之外，很有可能是俗稱漫遊者或流浪者(wander)的成鳥或亞成鳥，經過在地者的核心區或活動範圍。

表 5 單次紀錄 6 隻赫氏角鷹不同個體觀察紀表

觀察日期	時間點	赫氏角鷹數量
2006 年 11 月	10:18	亞成鳥一隻
	11:33	亞成鳥一隻
	11:34	幼鳥一隻
	11:42	亞成鳥一隻
	11:43	成鳥一隻
	12:09	成鳥一隻
	2006 年 12 月	09:31
09:47		成鳥一隻
09:54		有二隻赫氏角鷹鷹互盤
09:57		對爪
10:35		成鳥一隻
10:38		另一隻成鳥
11:12		有赫氏角鷹一隻做波浪狀飛
今日最多同時六隻在天空(分三邊)		

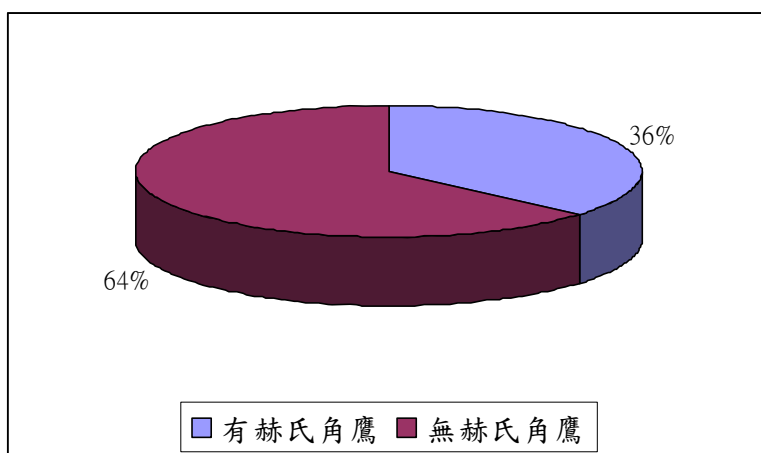


圖 3 赫氏角鷹紀錄分析圖

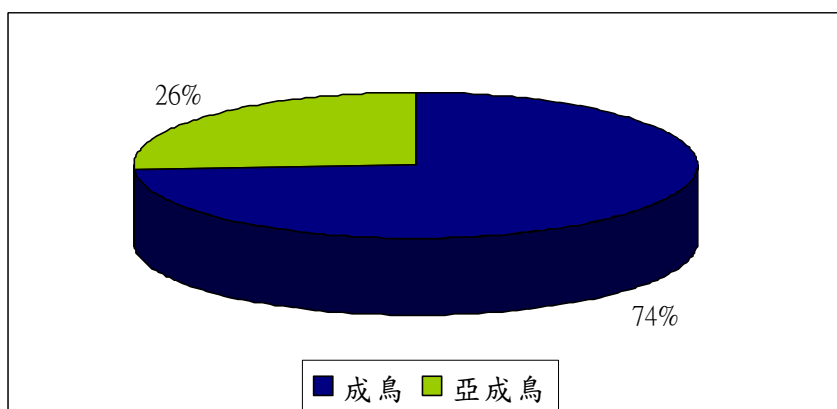


圖 4 有赫氏角鷹紀錄年齡組成分析圖

表 6 各個調查地點赫氏角鷹數量統計表

編號	調查樣區	調查地點	有赫氏角鷹	無赫氏角鷹	次數小計	成鳥	亞成鳥
1	霧鹿林道	霧鹿林道	7	5	12	10	2
2	錦屏林道	錦屏林道	19	11	30	28	6
3	南橫公路	下馬	2	3	5	5	1
4	南橫公路	天龍	0	1	1	0	0
5	南橫公路	向陽	2	3	5	2	0
6	南橫公路	利稻	1	2	3	2	0
7	南橫公路	初來	0	1	1	0	0
8	南橫公路	栗園	6	1	7	7	1
9	南橫公路	啞口	0	3	3	0	0
10	南橫公路	新武	5	0	5	2	4
11	南橫公路	碧山	0	1	1	0	0
12	南橫公路	摩天	7	4	11	7	3
13	南橫公路	霧鹿村	1	2	3	2	0
14	其它	紅石林道	0	1	1	0	0
15	其它	崁頂溪上游	1	0	1	1	0
16	銅安山	銅安山	0	4	4	0	0
17	牧野牧場	牧野牧場	0	4	4	0	0
18	其它	陸安排水道	1	0	1	0	1
19	山棕寮	山棕寮	2	3	5	2	0
20	大坡池	大坡池	0	6	6	0	0
21	電光	電光	2	2	4	3	0
22	寶華山	寶華山	0	3	3	0	0
23	龍田	龍田	0	1	1	0	0
24	永安	永安	0	6	6	0	0
25	鸞山	鸞山	0	9	9	0	0
26	紅葉清水橋	紅葉清水橋	0	1	1	0	0
27	武陵	武陵	1	5	6	1	0
28	延平林道	延平林道	36	8	44	42	27
29	知本林道	知本林道	3	8	11	1	0
30	知本二區	知本二區	3	4	7	3	0
31	卑南種畜	卑南種畜	1	8	9	1	0
32	其它	大南山	1	0	1	1	0
33	其它	比利良橋	0	1	1	0	0
34	其它	杉原	0	1	1	0	0

表 6 各個調查地點赫氏角鷹數量統計表(續)

編號	調查樣區	調查地點	有赫氏角鷹	無赫氏角鷹	次數小計	成鳥	亞成鳥
----	------	------	-------	-------	------	----	-----

35	其它	初鹿龍過脈	1	0	1	0	1
36	利嘉林道	利嘉林道	21	23	44	18	7
37	知本溼地	知本溼地	0	27	27	0	0
38	卑南文化	卑南文化	0	21	21	0	0
39	太平溪口	太平溪口	0	6	6	0	0
40	南溪	南溪	0	1	1	0	0
41	長濱	長濱	0	1	1	0	0
42	柑子山	柑子山	1	0	1	1	0
43	成功高台	成功高台	0	1	1	0	0
44	泰源	泰源	0	6	6	0	0
45	東富公路	東富公路	9	10	19	13	3
46	尚德	尚德	0	7	7	0	0
47	其它	都蘭山	0	1	1	0	0
48	藥山	藥山	3	14	17	4	0
49	太麻里	太麻里	0	1	1	0	0
50	金針山	金針山	0	2	2	0	0
51	依麻林道	依麻林道	7	8	15	8	0
52	比魯	比魯	0	1	1	0	0
53	金龍湖	金龍湖	0	2	2	0	0
54	達仁新興社	達仁新興社	3	3	6	1	2
55	新化	新化	0	4	4	0	0
56	其它	山豬窟	1	1	2	0	0
57	其它	加津林	0	1	1	0	0
58	其它	台坂	0	1	1	0	0
59	其它	安朔溪	0	1	1	0	0
60	其它	尚武	0	1	1	0	0
61	其它	歸田	0	1	1	0	0
62	加羅板	加羅板	1	1	2	1	0
			148	258	406	166	58

(二)有赫氏角鷹紀錄之行為與季節分析

本研究期間紀錄有 15 次赫氏角鷹有繁殖求偶之紀錄。包括 1 次實際

繁殖巢位紀錄，與文獻中所提之 2 隻甚至 3 隻成鳥盤飛、成對成鳥對爪或模擬對爪、成鳥模擬攻擊、波浪狀飛行與飛行中鳴叫之行為等如表 7。

另本研究中護幼及領域行為有 8 次，包括成鳥與亞成鳥共同飛行，或是對其他猛禽或大型鳥類如林鵰或烏鴉作出驅離攻擊行為如表 8。

表 7 調查期間赫氏角鷹繁殖行為敘述表

項次	季節	行為敘述
01	秋	2 隻成鳥飛出盤旋上昇，不停地盤旋飛行，有 3 次模擬攻擊行為，共 6min。
02	秋	2 隻成鳥互盤飛行約 7min，並對烏鴉有驅逐動作
03	春	2 隻成鳥低飛互盤飛於山頂上
04	春	2 隻成鳥齊飛盤旋，1 隻體型較大，1 隻較小，有多次模擬攻擊行為，共 14min
05	冬	1 隻成鳥盤飛，另 1 隻成鳥加入與之盤飛，直入雲端，共 16min
06	冬	2 隻成鳥盤飛
07	冬	1 隻成鳥盤飛，後另 1 隻加入與之盤旋齊飛，再另 1 隻先單獨盤飛，最後 3 隻會合齊飛，共 12min
08	冬	2 隻成鳥盤飛
09	冬	1 隻成鳥波浪狀飛行
10	春	2 隻成鳥盤飛
11	春	繁殖巢位
12	春	2 隻成鳥模擬攻擊
13	秋	3 隻成鳥共盤飛，其中 1 隻先行離去，餘 2 隻成鳥有隔空對爪及鳴叫 2 聲之行為
14	冬	有 1 對成鳥互相盤飛對爪，後有 1 隻波浪狀飛行
15	冬	1 隻成鳥波浪狀飛行

表 8 調查期間赫氏角鷹護幼及領域行為敘述表

項次	季節	行為敘述
----	----	------

01	春	1 隻亞成鳥飛行，林鵬飛近時，2 隻成鳥有驅逐動作
02	春	1 隻成鳥與 1 亞成成同飛，成鳥對林鵬有驅逐行為
03	春	1 隻成鳥與 2 亞成鳥飛行
04	夏	最初 2 亞成鳥飛行，2 林鵬同時飛行，後 1 隻成鳥加入飛行，另 1 隻成鳥在高空
05	夏	1 隻亞成鳥與 2 隻林鵬混飛，1 隻林鵬對亞成鳥伸爪做攻擊行為，後 1 成鳥加入與亞成鳥盤旋飛行，林鵬即離去
06	夏	1 隻成鳥驅逐另 1 隻較白之亞成鳥個體
07	夏	1 亞成鳥飛行，1 隻成鳥在旁
08	冬	1 隻亞成鳥攻擊烏鴉

春季(2~4月)是赫氏角鷹出現頻度最高的季節(47.97%)，其次是冬季(35.19%)如表 9。本研究在野外紀錄的赫氏角鷹求偶行為，最早始於秋季的 10 月，以冬季次數為最多，直至春季 3 月仍有求偶行為紀錄如圖 5。而保護幼鳥及領域行為，集中於春夏季，實際紀錄月份始於 2 月，夏季至 6 月仍有紀錄如圖 6。赫氏角鷹在台灣並無正式繁殖報告，飯田知彥(1996)指出赫氏角鷹日本亞種，在 12 月雄鳥與雌鳥開始徘徊在築巢地附近，而後大概在 2 月左右開始築巢。甚至雄鳥更早在 9 月下旬就開始在築巢地附近有早期的繁殖行為。浜口哲一等(1991)認為赫氏角鷹日本亞種 2 月開始求偶與築巢。本研究觀察紀錄之求偶行為時間以冬季與春季次數最多，與日本亞種研究報告之求偶時間有相近之處，而本研究所觀察到的兩隻成鳥的對爪、盤飛或波浪狀空舞是否如前人研究所認為之求偶行為，則有待確認。另外本研究成果鳥紀錄中之求偶行為次數不夠充足，僅有 29 隻次，並不能完全代表赫氏角鷹求偶行為的實際季節分布情形。

表 9 赫氏角鷹紀錄與季節分布統計表

季節	有無赫氏角鷹	合計
----	--------	----

		有紀錄 次數	無紀錄次 數	
春	次數	59	64	123
	百分率	47.97%	34.22%	100.00%
夏	次數	27	65	92
	百分率	29.35%	41.40%	100.00%
秋	次數	24	59	83
	百分率	28.92%	41.55%	100.00%
冬	次數	38	70	108
	百分率	35.19%	39.33%	100.00%
合計	次數	148	258	406
	百分率	36.45%	63.55%	100.00%

季節分級：春(2-4月)，夏(5-7月)，秋(8-9月)，冬(11-12月)

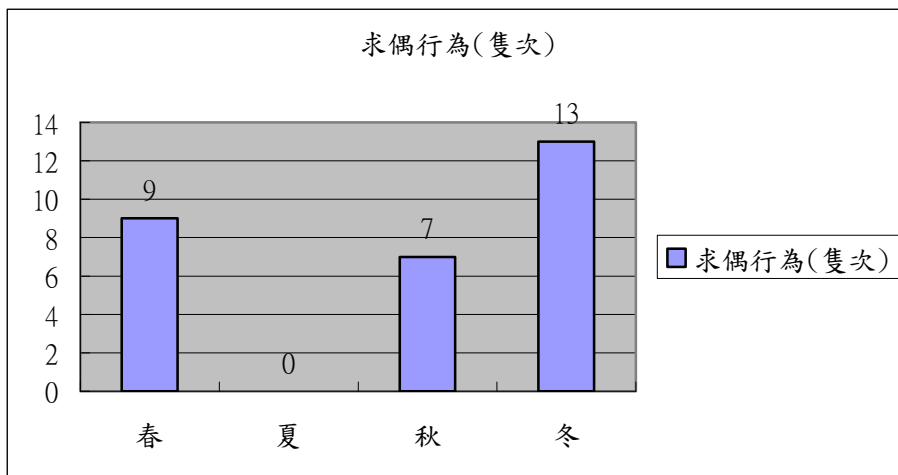


圖 5 赫氏角鷹求偶行為紀錄季節頻度分布圖

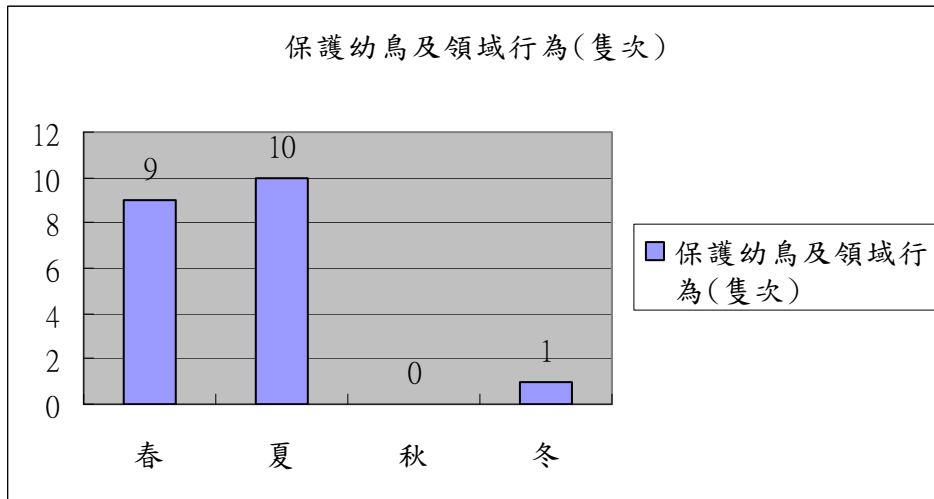
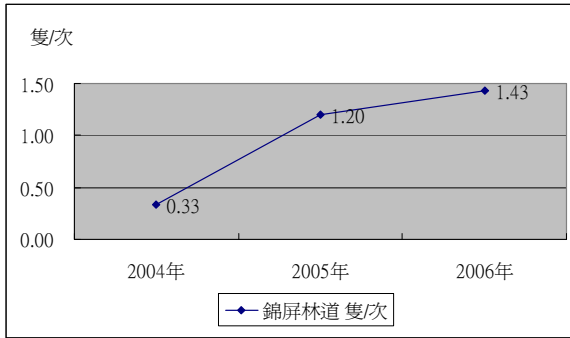


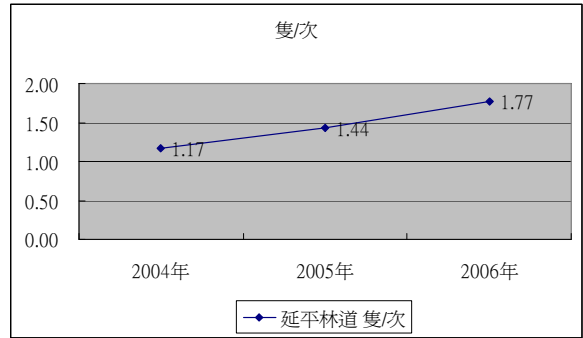
圖 6 赫氏角鷹保護幼鳥及領域行為紀錄季節頻度分布圖

(三)調查樣區不同年度發現赫氏角鷹之趨勢分析

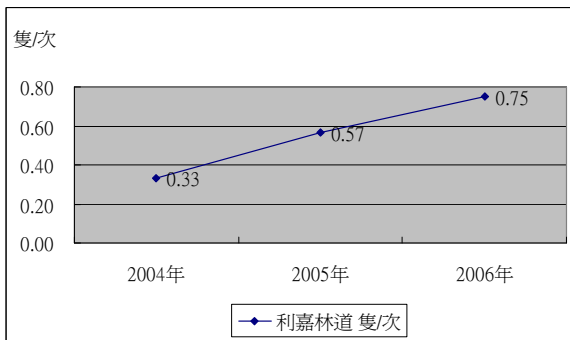
本研究分別針對 3 年期間 5 個樣區的調查所得之赫氏角鷹之每年每次不同個體隻數與調查次數之算數平均數，所得之每次之平均可見之隻數，以評估赫氏角鷹出現頻率之年趨勢。結果如圖 7。在錦屏林道部分，我們可以得知 2004 年每次可見的平均隻數為 0.33 隻/次，2005 年為 1.20 隻/次，至 2006 年則升高至 1.43 隻/次。同樣在延平林道和利嘉林道，每次調查的平均隻數也有逐年上升的趨勢。依麻林道 3 年來的趨勢約為持平，而東富公路則 2004 年偏低。



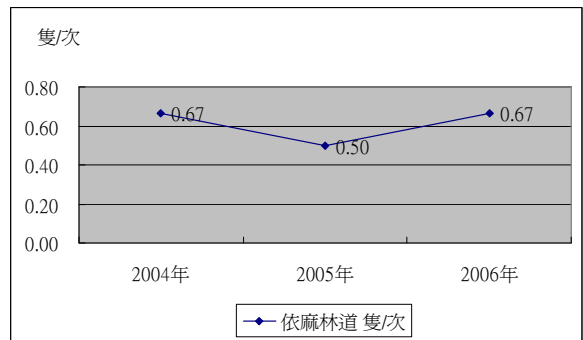
(a)



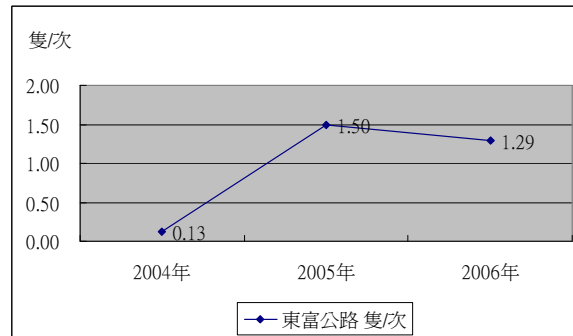
(b)



(c)



(d)



(e)

圖 7 2004 至 2006 年各樣區赫氏角鷹觀察紀錄趨勢圖

二、人為干擾對赫氏角鷹出現率的影響

本縣調查的樣區除蘭嶼鄉及綠島鄉外，遍佈於本縣的 14 個鄉鎮，分別是海端鄉、池上鄉、關山鎮、延平鄉、鹿野鄉、卑南鄉、台東市、長

濱鄉、成功鎮、東河鄉、金峰鄉、太麻里鄉、大武鄉及達仁鄉。由本研究調查結果可知，台東縣本島鄉鎮中除台東市、長濱鄉、鹿野鄉及大武鄉外，其餘鄉鎮中都有赫氏角鷹的紀錄如圖 8。

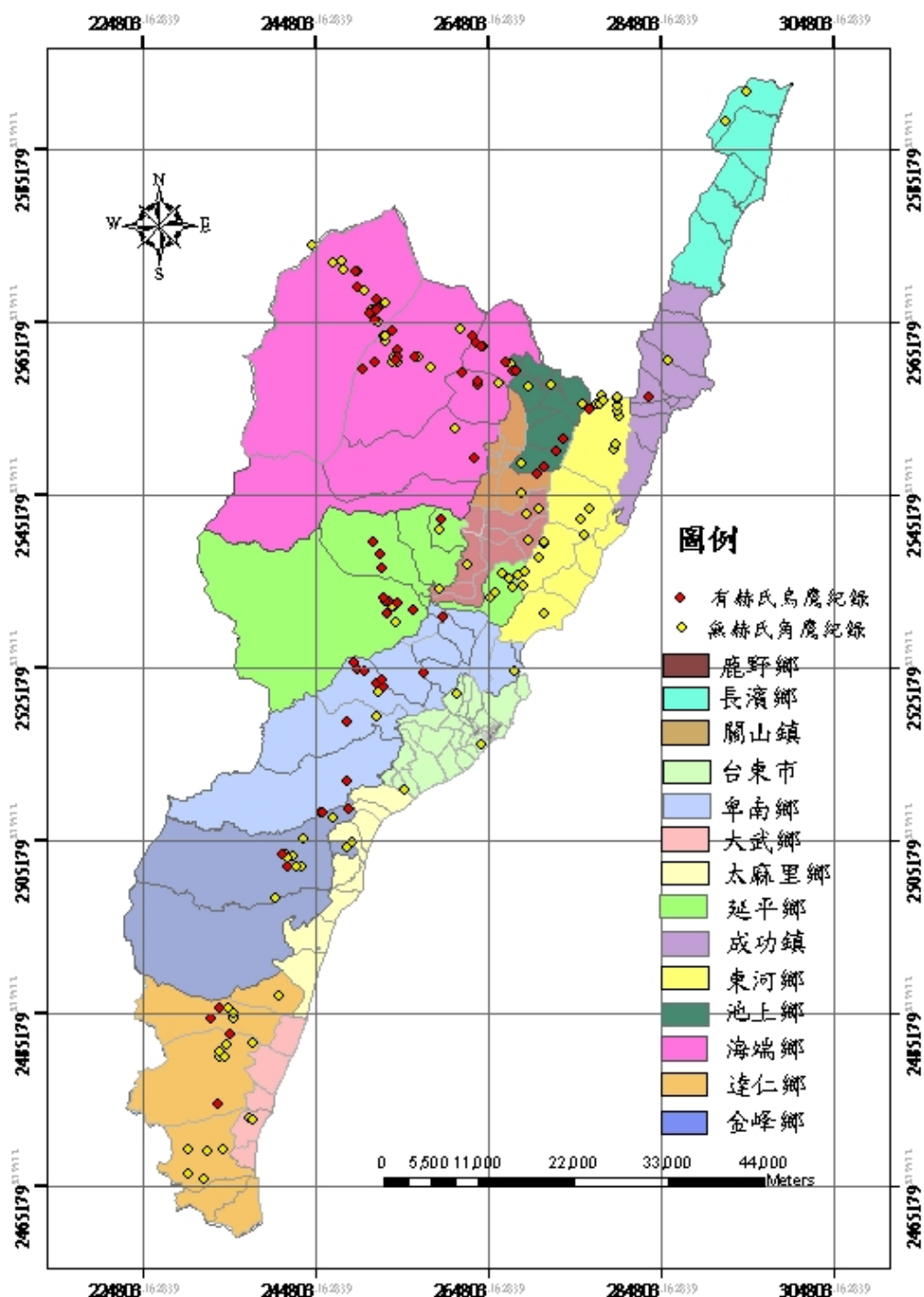


圖 8 台東縣赫氏角鷹各鄉鎮市研究區域分布圖

(一)人口密度對赫氏角鷹出現的影響

依本縣各鄉鎮人口密度區分，本研究將各鄉鎮人口密度等級區分為高密度(>100 人/ km²)、中密度(20 人/ km² 至 100 人/ km²)、低密度(<20 人/ km²)三個等級如表 10。以卡方檢定探討各鄉鎮市人口密度與赫氏角鷹出現頻度的關聯性，所得結果得知赫氏角鷹的出現頻度與各鄉鎮市人口密度具有極顯著的關聯性(n=406, $\chi^2=55.287$, $p<0.01$)，進行事後檢定(posteriori comparison)，得知赫氏角鷹的有紀錄出現頻度與在人口密度低的鄉鎮市關聯性大於人口密度中、高的鄉鎮市如表 11。因此可得知，赫氏角鷹的出現與否受到人口密度極大的影響，在人口密度較高處，赫氏角鷹的出現頻度較低如圖 9。

表 10 各鄉鎮市赫氏角鷹有無出現次數與人口密度統計表

鄉鎮市	人口密度	人口密度	有無赫氏角鷹		合計
	人/km ²	分級	有紀錄次數	無紀錄次數	
海端	5.29	低	51	38	89
池上	119.65	高	8	20	28
關山	175.31	高	2	2	4
延平	8.27	低	37	23	60
鹿野	105.43	高	0	10	10
卑南	46.12	中	30	45	75
台東	1008.39	高	0	54	54
長濱	59.32	中	0	2	2
成功	118.66	高	1	1	2
東河	48.64	中	4	21	25
太麻里	130.22	高	3	15	18
金峰	8.99	低	7	11	18
大武	111.79	高	0	2	2
達仁	13.02	低	5	14	19
合計			148	258	406

表 11 鄉鎮市人口密度等級與有無赫氏角鷹出現交叉表

人口密度 等級	有無赫氏角鷹			χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數	合計		有鷹 紀錄	無鷹 紀錄
高	次數	14	104	118	55.287(a)**	低>中，高 高>中、低
	百分率	11.9%	88.1%	100.00%		
中	次數	34	68	102		
	百分率	33.3%	66.7%	100.0%		
低	次數	100	86	186		
	百分率	53.8%	46.2%	100.0%		
合 計	次數	148	258	406		
	百分比	36.5%	63.5%	100.0%		

註 1.(a)0 格 (.0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 37.18。

** $p < 0.01$, $df = 2$

2.人口密度：高(> 100 人/ km^2)、中(20 人/ km^2 至 100 人/ km^2)、低(< 20 人/ km^2)

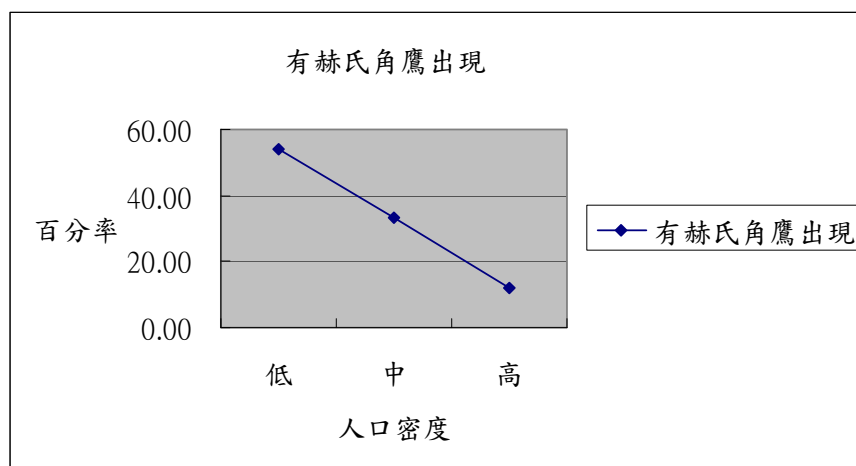


圖 9 赫氏角鷹出現頻度於各人口密度等級趨勢圖

(二)道路開發對赫氏角鷹出現的影響

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度，與調查樣區至道路距離的關

聯性。以調查樣區與道路距離分級，區分為第 1 級(距道路 2 km 以內)、第 2 級(距道路 2 km 至 4 km)與第 3 級(距道路 4 km 以上) 如圖 10。由卡方檢定結果得知赫氏角鷹的出現與調查樣區至道路的距離有極顯著關聯性 ($n=406$, $\chi^2=43.285$, $p<0.01$)如表 12。進行事後檢定，得知有赫氏角鷹出現頻度準依序為距離最遠的第 3 級(>4 km)最高(59.6%)、第 2 級(39.5%)和距離最近的第 1 級(23.1%)。本研究結果指出調查地點距離道路愈近，赫氏角鷹出現頻度愈低如圖 11。

表 12 各調查樣區至道路距離等級與有無赫氏角鷹出現交叉表

與道路距離 等級	有無赫氏角鷹		合計	χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數			有鷹紀錄	無鷹紀錄
1 次數	50	166	216	43.285 (a)**	3 > 1,2	1 > 2,3
百分率	23.1%	76.9%	100.0%			
2 次數	30	46	76			
百分率	39.5%	60.5%	100.0%			
3 次數	68	46	114			
百分率	59.6%	40.4%	100.0%			
合計 次數	148	258	406			
百分率	36.5%	63.5%	100.0%			

註 1.(a) 0 格 (0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 27.70。

** $p<0.01$, $df=2$

2.與道路距離等級：1(0~2 km)、2(2 km~4 km)、3(>4 km)

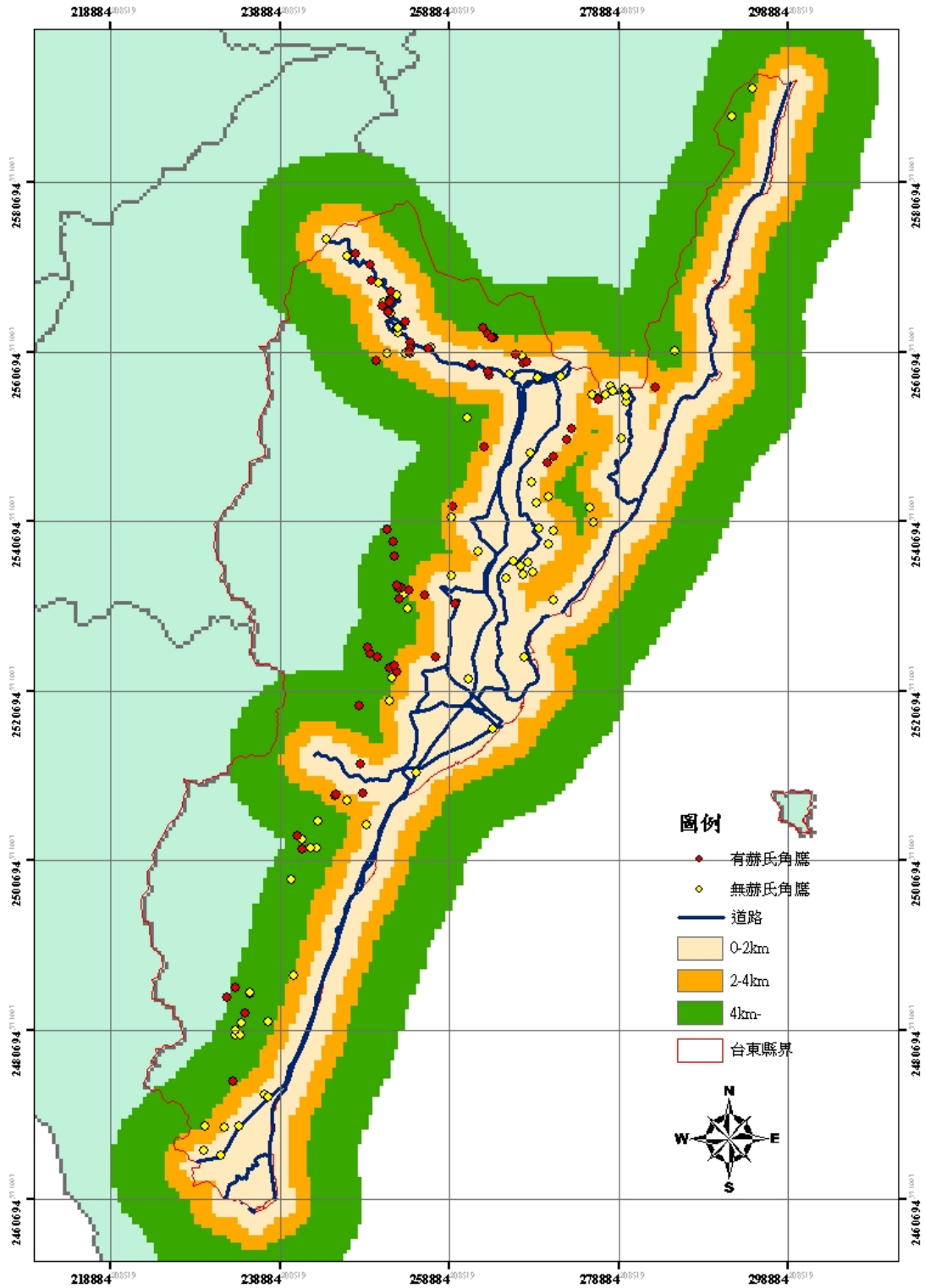


圖 10 調查樣區與道路距離等級之赫氏角鷹出現分布圖

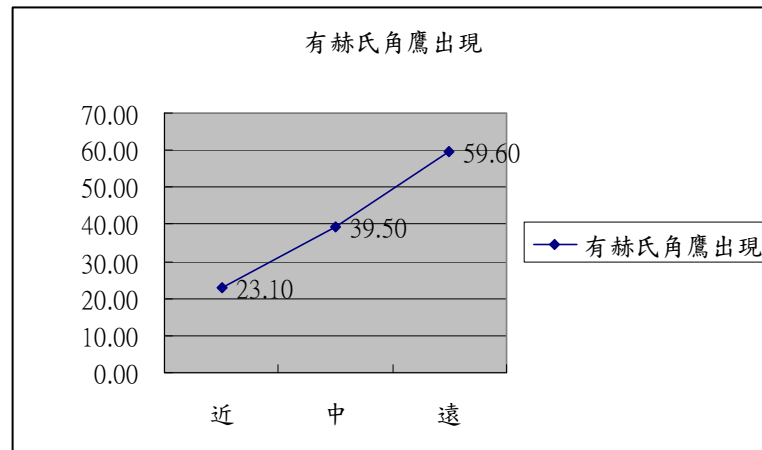


圖 11 赫氏角鷹出現頻度和調查地點與道路的距離等級趨勢圖

(三)城鎮區開發對赫氏角鷹出現之影響

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度，與調查樣區至最近開發城鎮區距離的相關性如圖 12。以卡方檢定統計結果如表 13，得知赫氏角鷹的出現與調查樣區至開發城鎮鎮的距離有極顯著關聯性($n=312$, $\chi^2=55.723$, $p<0.01$)。進行事後檢定，得知有赫氏角鷹出現的頻度，依序為距離最遠的第 3 級最高(54.0%)、第 2 級(45.8%)和距離最近的第 1 級(8.6%)。本研究結果指出赫氏角鷹距離開發城鎮愈遠，其出現頻度愈高如圖 13。

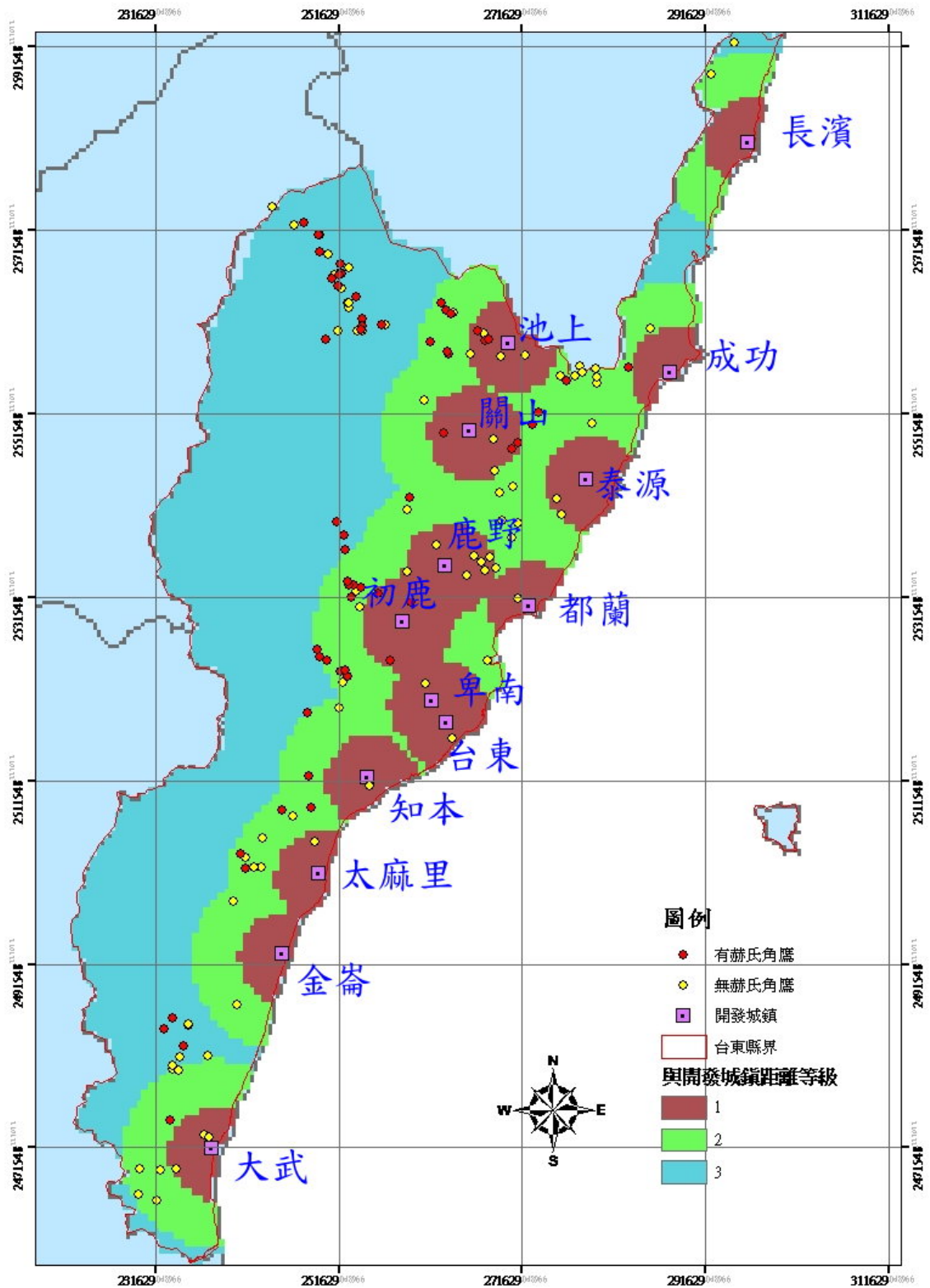


圖 12 各調查樣區至最近開發城鎮距離等級與赫氏角鷹出現分布圖

表 13 各調查樣區至最近開發城鎮距離等級與有無赫氏角鷹出現交叉表

與最近開發 城鎮距離等 級	有無赫氏角鷹		合計	χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數			有鷹 紀錄	無鷹紀錄
1 次數	10	106	116	55.723 _{(a)**}	3,2 > 1	1 > 2,3
百分率	8.6%	91.4%	100.0%			
2 次數	104	123	227			
百分率	45.8%	54.2%	100.0%			
3 次數	34	29	63			
百分率	54.0%	46.0%	100.0%			
合計 次數	148	258	406			
百分率	36.5%	63.5%	100.0%			

註 1.(a) 0 格 (0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 22.97。。

**p<0.01。df=2

2.與最近開發城鎮距離等級：1(<5 km)、2(5 km~10 km)、3(>10 km)

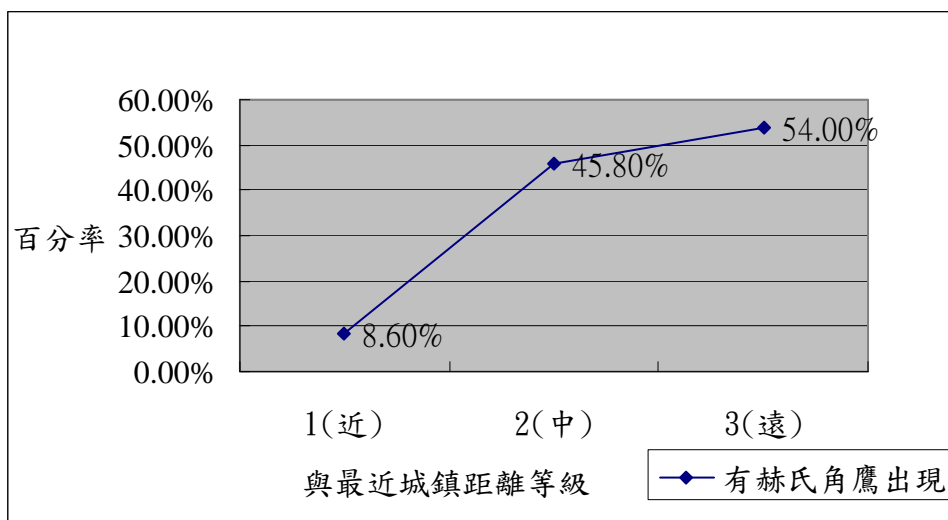


圖 13 赫氏角鷹出現頻度和調查地點與開發城鎮的距離等級趨勢圖

(四)人為干擾環境因子綜論

飯田知彥與森本榮(1995)研究得知赫氏角鷹的棲息環境以森林為

主，認為其出現之周圍至少要有兩個 1 ha 面積以上的森林，地形方面以平均坡度為 40° 以上的急陡坡面，且地形複雜的地方，另外築巢的環境必須有食物來源的小型動物棲息環境，加上人類所干擾不到的殘留天然林。赫氏角鷹在繁殖時期，也會因為在繁殖棲地附近人類的活動，而導致繁殖行為的中斷(藤田雅彥，1996)。

Endo(2003)指出蒼鷹(*Accipiter gentils*)的繁殖失敗的原因主要有人類侵擾、盜獵、被掠食及巢樹毀壞等因素。葛兆年與李培芬(2003)指出人類活動的干擾會造成地表植被及地景的改變，進而影響鳥類的分布範圍，如平地及低海拔的鳥類可能因為開發，而造成其鳥種豐富度的降低。陳朝圳等(2001)認為人為干擾對地景直接的影響，是增加地景類型的多樣性，地景多樣性增加也表示地景系統的不安定較大，相對的地景生態系統較不穩定。人類活動所帶來的干擾，包括交通、農牧及土地開發及利用等，對赫氏角鷹產生極大的影響。

道路開發不但對於地棲動物的棲息會產生影響，且對於非生物環境亦產生衝擊，直接對於棲地環境造成影響，將使得完整的大嵌塊體被切割成為許多小嵌塊體(鄭祈全等，2001)，而造成棲地的破碎化(fragmentation)。而棲地的減少與破碎化是許多物種瀕臨絕滅的主要原因(Harris, 1984; Ehrlich, 1986)。

Mörberg 與 Wallentinus(2000)針對瀕危物種(endangered-species)進行研究，指出大部分被列在紅皮書(red-list)上的森林鳥種，都需要大且有適當連結的棲地，例如鵑頭鷹(*Pernis apivorus*)需要大片的落葉森林；黑啄木鳥(*Dryocopus martius*)需要大範圍、成熟的針葉林，這些鳥類都需要有成熟林相的大片棲地，所以一但森林面積縮小，這些有面積以及植群型需求的鳥類會最先受到生存威脅。

Setiadi *et al.*(2000) 指出對於與赫氏角鷹同屬之爪哇鷹鵑(*Spizaetus bartelsi*)而言，森林砍伐干擾是威脅族群量的主要原因之一。其中森林的干擾包含非法砍伐、擴張農業種植用之土地、公共建設與觀光旅遊的發展等。

本研究結果指出赫氏角鷹出現頻度隨人口密度上升而下降，最高為低密度人口之鄉鎮(46.80%)，最低為高密度人口之鄉鎮(8.60%)，符合前人研究有關人類干擾因素對赫氏角鷹會產生嚴重威脅之論點。雖沒有直接證據指出道路的開發危害到赫氏角鷹的生存，但道路的開發對森林而言的直接影響到的是森林的破碎化，這將使得外部干擾對於森林內部生態的影響增大，而讓被認為是森林猛禽的赫氏角鷹有相當大程度的影響。

鳥類生物多樣性最大的威脅之一，是來自於人類對於自然棲息地永無休止的人侵，將土地佔為己有以供建築、工業和農牧等用途(劉小如等，1997)。本研究發現，距離開發城鎮越近，赫氏角鷹的出現頻度越低，顯示赫氏角鷹出現頻度，明顯受到環境開發的因子影響，結果可說明赫氏角鷹對人為干擾相當敏感，而開發確實對赫氏角鷹有不利之影響。

三、地形地貌因子對赫氏角鷹出現率的影響

(一)不同海拔高對赫氏角鷹出現率之影響

本研究調查地區的海拔高程係將所收到的 GPS 座標串入數值地形模型。本研究調查地區的海拔分布最低為海拔 4 m 台東市的太平溪口，最高 2,820 m 海端鄉的埡口。而有目擊赫氏角鷹紀錄的區域，最低在達仁鄉的加羅板，是為 115 m；最高位於向陽，高度是為 2,419 m 如圖 14。

以卡方檢定探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的海拔高度的關聯性，所得的結果顯示，赫氏角鷹的出現頻度與海拔高程有極顯著關聯性($n=406, \chi^2=96.640, p<0.01$)。並進行事後檢定，結果顯示赫氏角鷹出現的頻度最高的海拔範圍為 1,500 m~2,000 m(71.1%)及 1,000 m~1,500 m(68.5%)，出現的頻度最低的海拔為 500 m 以下(11.6%)；相對之下，無赫氏角鷹出現的頻度最高的海拔範圍 500 m 以下(88.4%)，出現頻度最低的範圍係 1,500 m~2,000 m(29.0%)及 1,000 m~1,500 m(31.5%)如表 14。

本研究結果指出赫氏角鷹出現隨海拔上升呈峰形趨勢。在海拔 0~1,000 m 的範圍內，其出現頻度隨海拔上升而遞增，在 1,000 m~2,000 m 間達最高峰，在 2,000 m 以上則逐漸下降如圖 15。

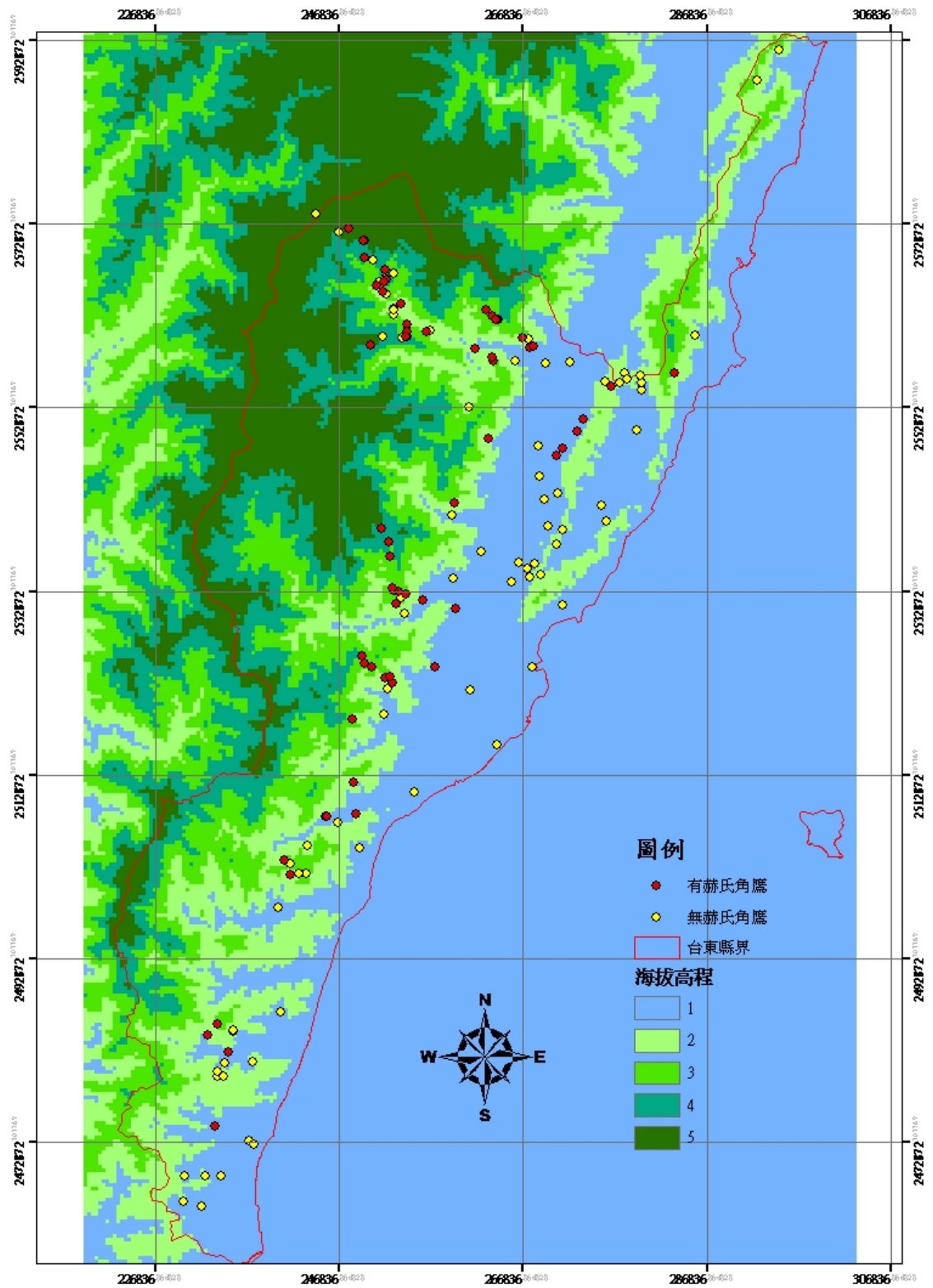


圖 14 台東縣赫氏角鷹研究區域海拔分布圖

表 14 各調查樣區海拔高度與有無赫氏角鷹出現交叉表

海拔高等級	有無赫氏角鷹			合計	χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄次 數	合計			有鷹紀錄	無鷹紀錄
1	次數 17	129	146	96.640 (a)**	3,4>	1>	
	百分率 11.6%	88.4%	100.0%		1,2,5	2,3,4,5	
2	次數 43	81	124				
	百分率 34.7%	65.3%	100.0%				
3	次數 63	29	92				
	百分率 68.5%	31.5%	100.0%				
4	次數 22	9	31				
	百分率 71.0%	29.0%	100.0%				
5	次數 3	10	13				
	百分率 23.1%	76.9%	100.0%				
合計	次數 148	258	406				
	百分率 36.5%	63.5%	100.0%				

註 1.(a) 1 格 (10.0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 4.74。。

** $p < 0.01$ 。df=4

2.海拔高級：1(<500 m)、2(500 m~1,000 m)、3(1,000 m~1,500 m)、4(1,500 m~2,000 m)與 5(>2,000 m)

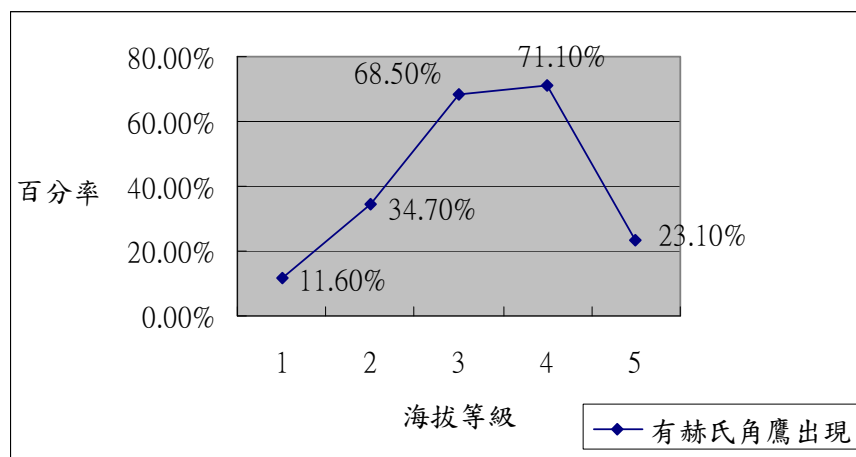


圖 15 赫氏角鷹出現頻度和調查地點海拔等級趨勢圖

依據島嶼生物地理學說 (Island biogeography theory) 的論點 (MacArthur and Wilson, 1967)，島嶼與大陸的距離越大，遷入率越小；物種的豐富度與島嶼面積有關，越大的島嶼物種豐富度越高，反之亦然。因此海拔較高地區相較於海拔較低之地區有較小的面積且有較大的地理隔離(isolation)，其物種豐富度一般被認為較低。許富雄等(2004)研究台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。結果發現不論是以全部鳥種或是僅以留鳥來進行計算，所紀錄到的平均鳥種數均隨海拔上升而呈峰形分布，而且均以 1,500 m~1,999 m 海拔區間所紀錄的鳥種數為最高。葛兆年與李培芬(2003)指出台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態，在平地至海拔高度 1,000 m，鳥種數沿海拔有線性遞增的趨勢，但在海 1,000 m~2,000 m 間達到高峰，而往海拔 2,000 m 以上則遞減，呈現峰形分布。

孫元勳(2004)認為赫氏角鷹多在海拔 1,000m 以上的山區。高瑋(2002)指出於本島同亞種的赫氏角鷹在中國大陸的雲南多分布於海拔 2,000m 至 2,600m 的高山森林中。台東縣赫氏角鷹在之前的研究皆認為出現頻度最高為的海拔分布為 1,000 m 至 2,000 m 的範圍(王克孝等，2005；何錦尚、陳朝圳，2006)。本研究中赫氏角鷹出現頻度最高的海拔分布為 1,500 m~2,000 m(71.1%)及 1,000 m~1,500 m(68.5%)。與林文宏(1992)認為的 300 m~3,000 m 有部分重疊，而與孫元勳(2004)的 1,000 m 以上的論點頗為接近。

海拔梯度的變化，會使得氣溫及降水量等環境因子的改變，進而影響到植被及動物的分布(Terborgh, 1971; Su, 1984)。就台灣山區植群生態而言，海拔因子是影響植群變異的主要環境因子(蘇鴻傑，1987)。鹿兒陽(1991)指出北大武山自然保護區植群的分化最主要是受海拔梯度的影響(直接影響因子為溫度)，其餘的影響因子為坡向、全天光空域、直射光空域、地形位置及含石率。吳守從(1997)指出沙里仙地區的植群社會之空間分布主要受海拔高、坡度、水分梯度及直射光空域等地理環境因子之影響。

依國外前人之研究認為赫氏角鷹的棲息環境被認是原始常綠林或混合落葉林地，也會出現在次生林甚至在平原之林地(Ferguson-Lees and

Christie, 2001)。國內認為認為赫氏角鷹的棲息環境為原生闊葉林或針闊混合林 (林文宏, 1992)，其目擊和獵捕紀錄大多集中在天然林 (孫元勳, 2004)。本研究中赫氏角鷹出現頻度最高的海拔範圍是海拔 1,000 m 至 2,000 m，而台東縣原生植群在此海拔範圍包含有針闊葉混合林與常綠闊葉林(包含櫟林、楠櫨林帶與榕楠林帶)，次生植群主要有松林與台灣赤楊，上述植群帶依可能為赫氏角鷹分布出現頻度較高之植群帶。另外在海拔 1,000 m 以下並非完全沒有赫氏角鷹的出現紀錄中，故分布於 600 m 以下的榕楠林帶亦屬赫氏角鷹可能分布之植群。但值得注意的是，本研究並未直接紀錄赫氏角鷹在森林植群的直接棲地利用行為，如築巢或覓食等，因此只能間接指出赫氏角鷹可能分布之植群帶。

(二)不同坡度對赫氏角鷹出現率之影響

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的坡度的相關性如圖 16，並探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的坡度的相關性，以卡方檢定所得的結果顯示坡度因子與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性($n=406$, $\chi^2=67.951$, $p<0.01$)。而進行事後檢定，結果發現赫氏角鷹出現的比率最高的坡度為 4 級坡(55.6%)和 5 級坡(54.9%)，最低為 1 級坡(1.9%)如表 15。

本研究結果發現在地勢平坦的地方如 1 級坡與 2 級坡赫氏角鷹的出現頻度較少，而在地勢較為陡峭的地方赫氏角鷹出現頻度較高，但坡度超過 45° 以上則有下降趨勢如圖 17。

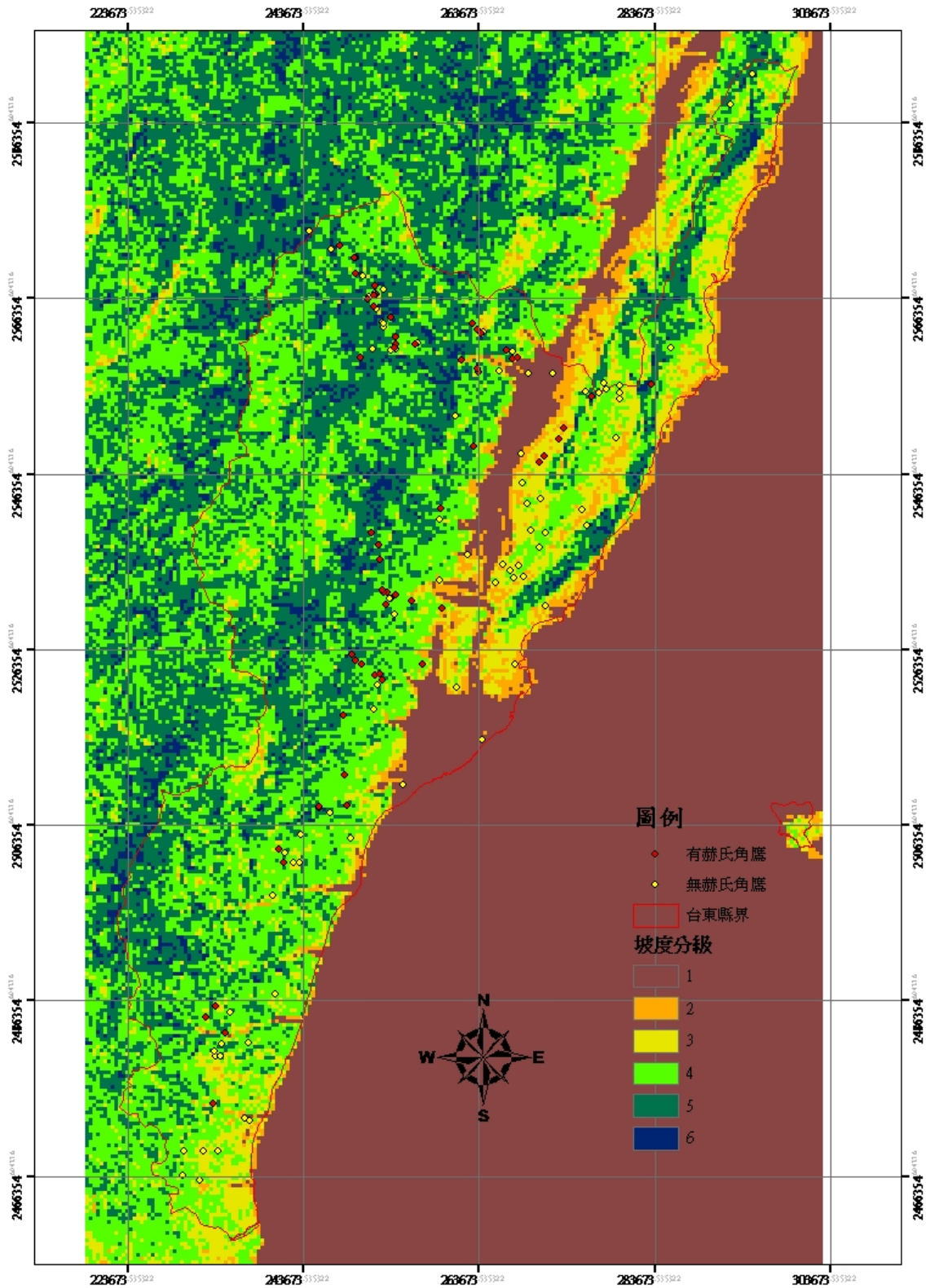


圖 16 台東縣赫氏角鷹研究區域坡度分布圖

表 15 各調查樣區坡度與有無赫氏角鷹出現交叉表

坡度	有無赫氏角鷹			χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數	合計		有鷹紀錄	無鷹紀錄
1	次數	1	52	61.951 (a)**	5,4>1,2,3,6	1>2,3,4,5
	百分率	1.9%	98.1%			
2	次數	9	36	45	100.0%	100.0%
	百分率	20.0%	80.0%			
3	次數	37	85	122	100.0%	100.0%
	百分率	30.3%	69.7%			
4	次數	70	56	126	100.0%	100.0%
	百分率	55.6%	44.4%			
5	次數	28	23	51	100.0%	100.0%
	百分率	54.9%	45.1%			
6	次數	3	6	9	100.0%	100.0%
	百分率	33.3%	66.7%			
合計	次數	97	215	312		
	百分率	31.10%	68.90%	100.00%		

註 1.(a) 1 格 (8.3%) 的預期個數少於 5，最小的預期個數為 3.28，** $p < 0.01$ ， $df=5$ 。

2.坡度：1($0^\circ \sim 5^\circ$)、2($5^\circ \sim 15^\circ$)、3($15^\circ \sim 25^\circ$)、4($25^\circ \sim 35^\circ$)、5($35^\circ \sim 45^\circ$)與 6($45^\circ \sim$)

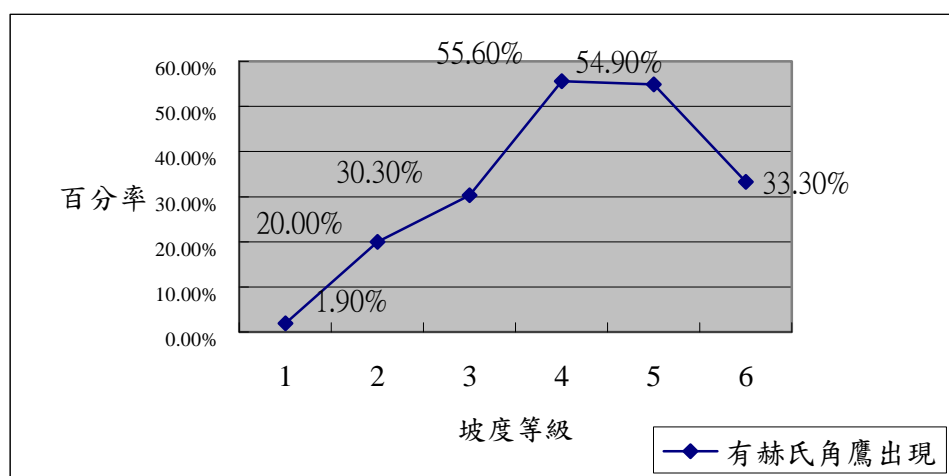


圖 17 赫氏角鷹出現頻度和調查地點坡度等級趨勢圖

而國內對山坡地管制的條例中，行政院農業委員會(2002)所訂定之山坡地保育利用條例，對於山坡地的定義係國有林事業區、試驗用林地及保安林地以外，標高在 100 m 以上或標高未滿 100 m，而其平均坡度在 5%(即 2.25°)以上者之公、私有土地，在農業與非農業使用應受相關規定之限制。另內政部(2005)在非都市土地開發審議作業規範中第 16 條規定基地內之原始地形在平均坡度在 40%(即 18°)以上之地區，其面積之 80% 以上土地應維持原始地形地貌，且為不可開發區；平均坡度在 30% 以上未逾 40%(即 13.5°至 18°)之地區，以作為開放性之公共設施或必要性服務設施使用為限，不得作為建築基地(含法定空地)；且第 18 條規定坡度陡峭地區，即坡度在 40%(18°)以上之地區應優先列為保育區。張石角(2004)針對坡度的開發利用情形也指出在 30%(即 13.5°)上下的山坡，一般為深度風化層，山坡相對較為穩定，故常被開發利用；而坡度大於 100%(即 45°)以上為容易岩石崩落的極危險邊坡。

日本赫氏角鷹的棲息環境被認為是在於平均坡度為 40°以上的急陡坡面且複雜地形的地方(飯田知彥、森本榮，1995)。本研究中赫氏角鷹出現頻度最高的坡度在 25°至 45°間，無出現的趨勢在以 1 級坡(0°~5°)的頻度(98.1%)高於所有其它等級，其次為 2 級坡(5°~15°)的 80.0%，1、2 級坡，為現今法令規範能容許可供發之坡度範圍內。坡度對於赫氏角鷹出現頻度的影響，可能來自於開發因素，在可供開發利用之坡度地域，赫氏角鷹出現頻度小，也間接證實了開發對於赫氏角鷹有不利的影響。

(三)不同坡向對赫氏角鷹出現率之影響

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的坡向之相關性如圖 18，並探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的坡向的相關性，以卡方檢定所得的結果顯示坡向因子與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性($n=406$, $\chi^2=11.644$, $p<0.01$)。而進行事後檢定，結果發現赫氏角鷹出現的頻度最高的坡向為西向坡(50.0%)，最低為東向坡(27.0%)如表 16。

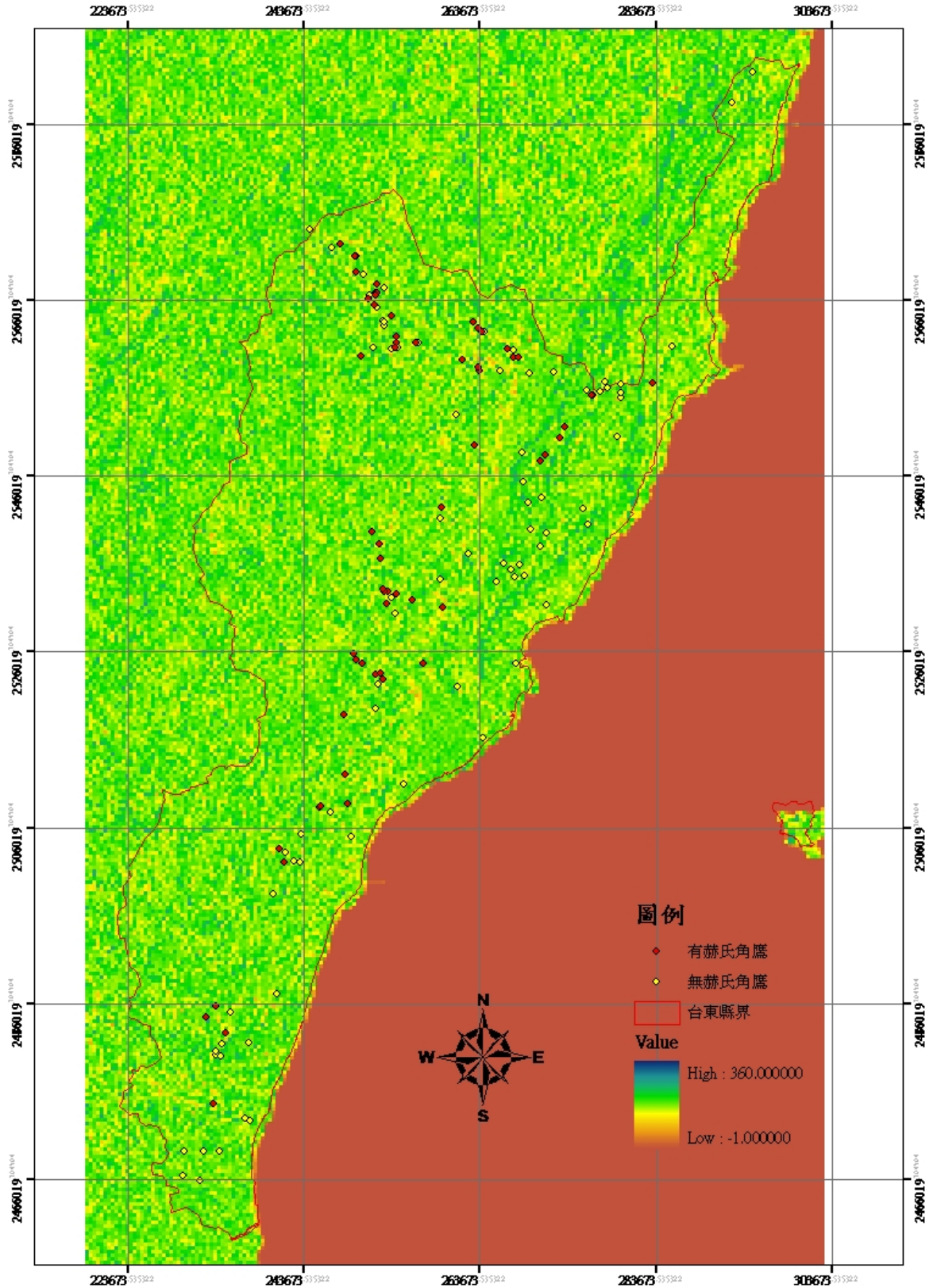


圖 18 台東縣赫氏角鷹研究區域坡向分布圖

表 16 各調查樣區坡向與有無赫氏角鷹出現交叉表

坡向	有無赫氏角鷹			χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數	合計		有鷹紀錄	無鷹紀錄
1.北	次數 16	34	50	11.664 (a) **	4 > 3, 2, 1	2 > 1, 3, 4
	百分率 32.0%	68.0%	100.0%			
2.東	次數 37	100	137			
	百分率 27.0%	73.0%	100.0%			
3.南	次數 67	96	163			
	百分率 41.1%	58.9%	100.0%			
4.西	次數 28	28	56			
	百分率 50.0%	50.0%	100.0%			
合計	次數 148	258	406			
	百分率 36.5%	63.5%	100.0%			

註 1.(a) 0 格 (0%) 的預期個數少於 5，最小的預期個數為 18.23，**p < 0.01，df=3。

2.坡向：北(315°~45°)、東(45°~135°)、南(135°~225°)、西(225°~315°)

台東縣一般而言，夏天吹西南季風，而冬季為東北季風(台東縣政府，2006)。每年 10 月下旬至隔年 3 月下旬，為東北季風盛行時期，除了局部的山間谷地或盆地之外，東北季風長趨直入，因此平均風速皆高於全年的平均值。(翁國盈，1974)。

赫氏角鷹較不似大冠鷲(*Spilornis cheela hoya*)經常在任何季節於高空盤旋活動(Ferguson-Lees and Christie, 2001)。本研究中，赫氏角鷹出現與坡向因子在統計上雖達顯著關聯性，且在西向坡出現度最高。受於研究方法所限，在野外調查上並未實際測量當時風向，但整體而言，本縣風向東北季風時節以東北風及北風為主，風速大於全年平均，西南風向之風速低於全年平均。因此初步認定，迎風坡東向(27.0%)赫氏角鷹出現頻度較低，而背風坡西向坡(50.0%)與北向坡(41.1%)赫氏角鷹出現頻度較高。

四、植群土地利用類型及植生量對赫氏角鷹出現率之影響

(一)植群土地利用類型及植生量空間分布之建立

1.植群土地利用類型分類

本研究利用監督性分類之最大概似法，針對台東縣福衛二號衛星影像進行土地利用類型分類，影像分類結果如圖 19。依本研究之研究目的，共選取 4 類土地利用類型，分別是森林、草生農耕地、裸露建成地及水體如表 17。訓練樣區之選取以地面現場調查與航空照片為地真資料，每種類型選取 40 至 60 個訓練樣區。影像分類完成後，每個類別至少選取 60 個檢核點進行精確度評估，並計算出每個類別的生產者精度與使用者精度，所得總體精確度達 83.83%，kappa 值為 0.7846 如表 18。

表 17 衛星影像監督性分類植群土地利用類型說明表

植群土地利用類型	說明
森林	高密度植生林地
草生農耕地	草地、農田及低密度植生地
裸露建成地	崩塌地、裸露地、建築物及道路等人為設施
水體	海域、湖泊、溪流、魚塭及水田

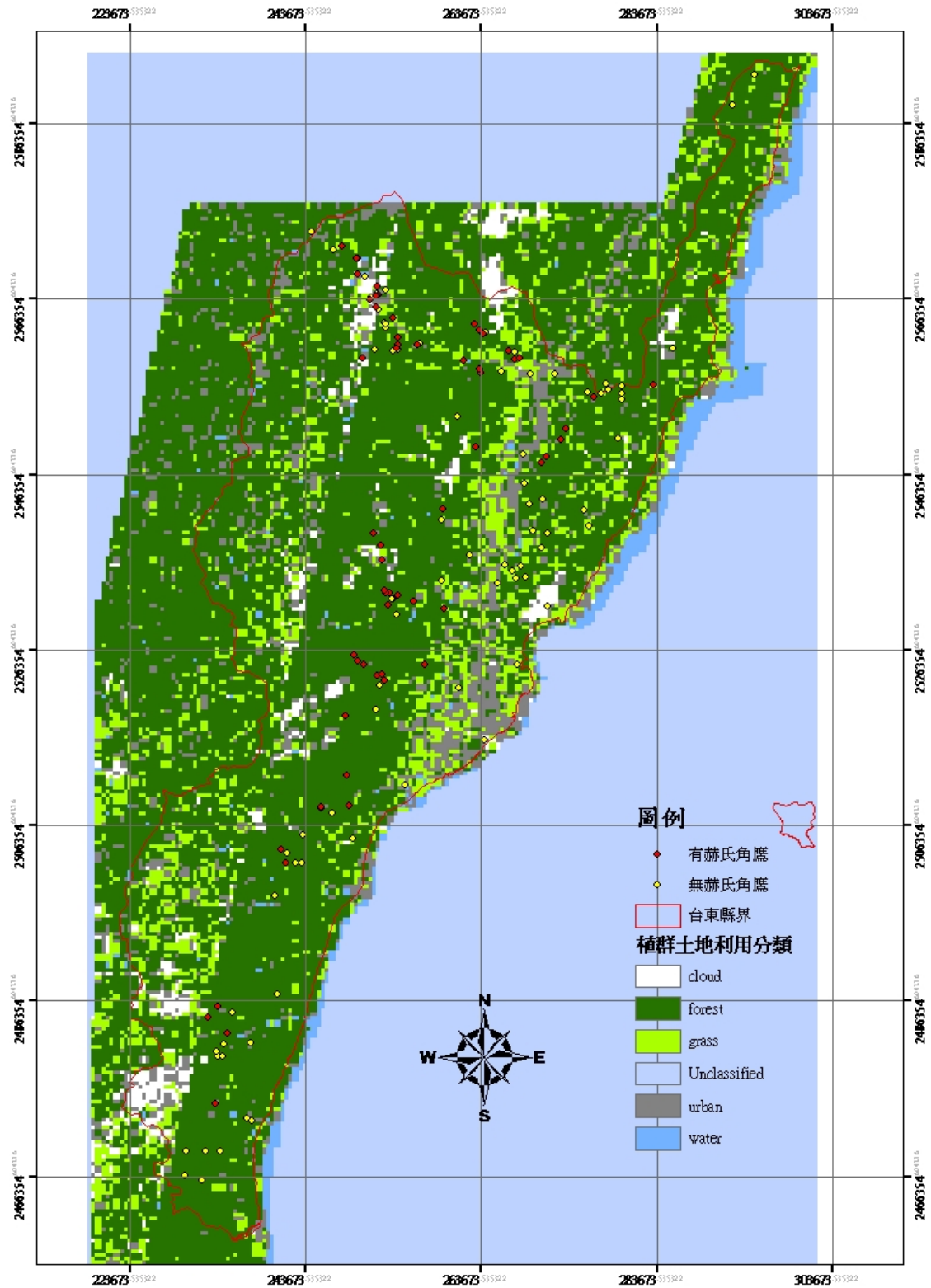


圖 19 福衛二號台東縣植群土地利用類型分類圖

表 18 台東縣衛星影像監督性分類誤差矩陣表

		地 真 資 料					
分 類		草生	森林	水體	裸露	總數	使用者 精度
		農耕地			建成地		
成	草生農耕地	48	16	0	2	66	72.73%
果	森林	6	59	0	0	65	90.77%
資	水體	3	2	59	1	65	90.77%
料	裸露建成地	8	4	1	57	70	81.43%
	總數	65	81	60	60	266	
	生產者精度	73.85%	72.84%	98.33%	95.00%		
	總體精確度	83.83%					
	kappa 值	0.7846					

2. 植生指標分布圖之建立

本研究以 Erdas imagine 軟體計算台東縣福衛二號衛星影像之常態化植生指標如圖 20。植生量越高時顯示越接近綠色，接近 0 時顏色偏黃，負值時則呈現紅色。

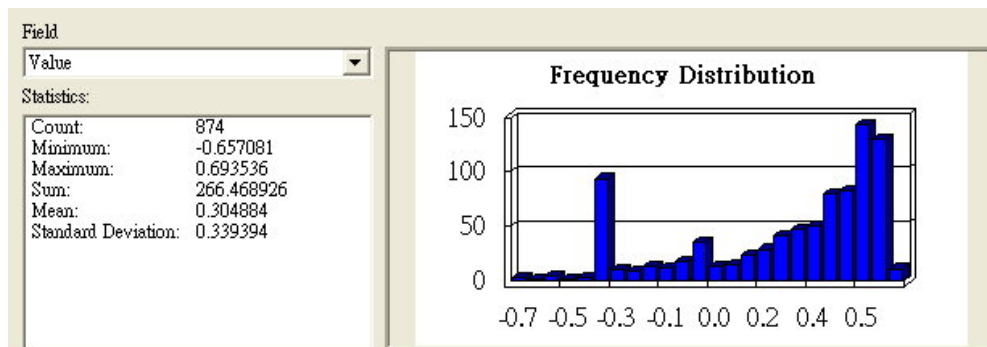
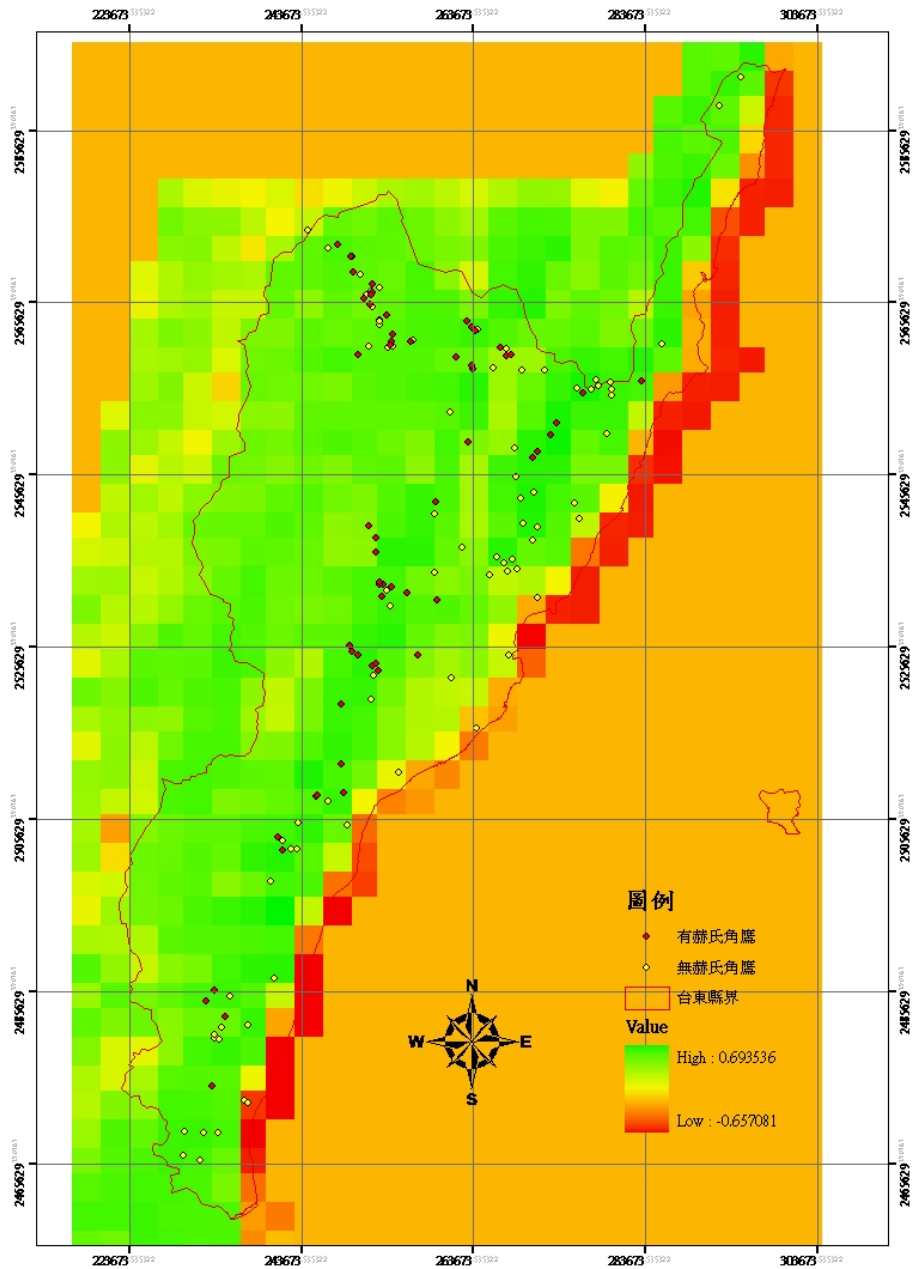


圖 20 台東縣植生指標分布圖

(二)不同植群土地利用類型對赫氏角鷹出現率之影響

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的土地利用類型的相關性，以卡方檢定所得的結果顯示植群土地利用與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性($n=406$, $\chi^2=44.477$, $p<0.01$)如表 19。而進行事後檢定，結果發現赫氏角鷹有出現的頻度以森林(44.10%)和草生農耕地(35.5%)為最高，由卡方檢定之事後檢定得知森林類型調整後的殘差值為 5.8，得知赫氏角鷹在森林類型的環境有最高的出現頻度。

表 19 赫氏角鷹出現頻度與植群土地利用類型交叉表

植群土地利用 類型	有無赫氏角鷹		合計	χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數			有鷹紀錄	無鷹紀錄
1 次數	0	64	64	44.477 (a)**	3 > 1,2	1 > 2,3
百分率	.0%	100.0%	100.0%			
2 次數	11	20	31			
百分率	35.5%	64.5%	100.0%			
3 次數	137	174	311			
百分率	44.1%	55.9%	100.0%			
合計 次數	148	258	406			
百分率	36.5%	63.5%	100.0%			

註 1.(a) 0 格 (0.0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 11.30。

** $p<0.01$ 。df=2

2.植群土地利用類型 1.裸露建成地、2.草生農耕地、3. 森林

植群對於鳥類群聚結構而言，是影響其變異的主要因素之一(許皓捷等，1997)。飯田知彥與森本榮(1995)指出關於赫氏角鷹的棲息環境，有廣大範圍且地形較為複雜的森林林地尤佳。山崎亨(1996)認為主要棲息在東南亞熱帶森林的赫氏角鷹，幅度較寬的翅膀適合在空中迴轉和俯衝，有利牠於在森林內部的飛行。高瑋(2001)指出於本島同亞種的赫氏角鷹在中國大陸的分佈情形是屬於森林的鳥類，在雲南多分布於海拔 2,000m 至 2,600m 的高山森林中。在台灣本島，赫氏角鷹的棲息環境被認為中低海

拔的原生闊葉林或針闊混合林(林文宏, 1992; 蕭慶亮, 2001)。而赫角鷹的目擊頻度與獵捕紀錄也多以森林為最(王克孝等, 2005; 何錦尚、陳朝圳, 2006; 孫元勳, 2004)。本研究在所有有赫氏角鷹紀錄的植群土地利用類型中, 經統計結果出現類型以森林為最為顯著($p < 0.01$)。

Setiadi *et al.* (2000)指出爪哇鷹鵬的主要棲地為天然的熱帶雨林, 但在野外調查中也在其它的棲地類型如松樹(*Pinus spp.*)林、農耕地、茶園與合歡樹(*Calliandra spp.*)林中發現, 但仍以森林為主要棲地。Thiollay 與 Rahman (2002)研究印尼 Sulawesi 的猛禽時指出在幾種森林猛禽中, 蘇拉鷹鵬(*Spizaetus lanceolatus*)在地景環境中隨森林面積增加而增加, 在大面積連續的原始林相中可達最大量, 容易受到森林破碎化和干擾的傷害。

森林對於許多鳥類尤其是猛禽之棲地使用相當重要, 一旦森林面積縮減, 這些鳥類將大受威脅(Schmiegelow *et al.* 1997; Mörberg and Wallentinus, 2000)。本研究對植群土地利用類型中對於森林與非森林類型的區分, 是在於環框內森林面積比率是否大於 50% 而; 若是, 則判定為森林。在環框面積小於 50% 的兩個類型草生農地和裸露建成地, 同樣有著破碎化的森林嵌塊體, 就森林為主的觀點, 其破碎化程度較大。但赫氏角鷹出現頻度於統計上在森林類型達極顯著關聯性, 符合赫氏角鷹為森林猛禽的論點, 但值得注意的是, 在草生農耕地類型的出現頻度(35.5%)雖未達統計上的極顯著關聯性, 但與森林類型(44.1%)二者差異不大。這或許可以說明了就森林棲地破碎化而言, 破碎嵌塊體不同的基質(matrix), 可能對赫氏角鷹出現頻度有不同之影響, 顯然基質為草生農耕地的環境更勝於裸露建成地。但值得注意的是 Forman(1995)的觀點, 即破碎化嵌塊體的小棲地雖然有它的優點, 但僅能視為大面積棲地的輔助, 大面積棲地是無法被取代的。此結果和 Setiadi *et al.* (2000)對蘇拉鷹鵬的調查結果相同, 我們或許可以在環境類型是草生地或農耕地的觀察到赫氏角鷹, 但不可否認的是, 森林才是赫氏角鷹族群的最主要的分布環境。

(三)植生指標與赫氏角鷹出現的關聯性

本研究探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的植生指標的關聯

性，以卡方檢定所得的結果顯示植生指標因子與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性 ($n=406$, $\chi^2=26.318$, $p<0.01$)如表 20。而進行事後檢定，赫氏角鷹無出現的頻度在植生指標較低的調查樣區高於中、高植生指標的調查樣區。本研究結果指出赫氏角鷹出現的頻度在高植生指標(45.3%)樣區高於中植生指標(34.10%)，甚至在低植生指標調查樣區的次數為 0 如圖 21。

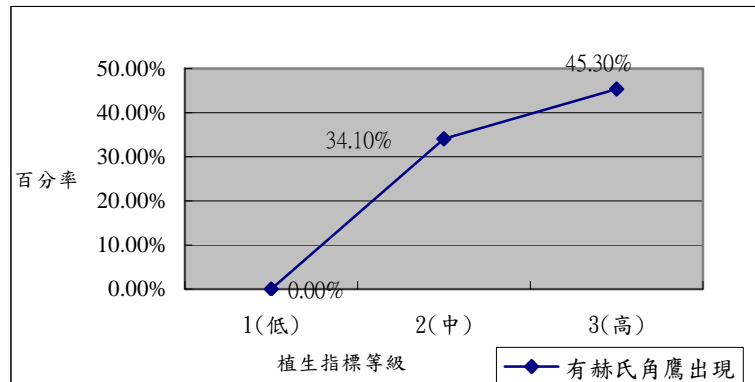


圖 21 赫氏角鷹出現頻度和調查地點植生指標等級趨勢圖

表 20 赫氏角鷹出現頻度與植生指標等級交叉表

植生指標等級	有無赫氏角鷹			χ^2 值	事後檢定	
	有紀錄 次數	無紀錄 次數	合計		有鷹紀錄	無鷹紀錄
(1)低 次數	0	34	34	26.318 (a)**	1 > 2,3	
百分率	0%	100.0%	100.0%			
(2)中 次數	62	120	182			
百分率	34.1%	65.9%	100.0%			
(3)高 次數	86	104	190			
百分率	45.3%	54.7%	100.0%			
合計 次數	148	258	406			
百分率	36.5%	63.5%	100.0%			

1.(a) 0 格 (0.0%) 的預期個數少於 5。最小的預期個數為 12.39。 ** $p<0.01$ 。
df=2

2.植生指標等級：1(<0.3)、2(0.3-0.6)、3(>0.6)

植生指標與植物分布密度呈線性關係，因此又可稱為生物量指標。Oindo *et al.*(2000)提出由植生指標相關於氣候因子，如雨量、實際蒸發散量 (Actual Evapotranspiration, AET) 和淨初級生產力 (net primary productivity)。他們同時比較鳥種的多樣性和環境因子間的關係發現，鳥種的豐富度 (richness) 和最大平均植生指標 (maximum average NDVI) 有強烈的正相關。其研究結果建立了最大平均植生指標相對於植生的品質和生長情形，促進了鳥種的豐富度的模式。巫桂菁(2003)在研究台灣本島以生物多樣性熱點為基礎之自然保護區規劃時指出，生物多樣性熱點地區多集中在中高海拔、海拔高度異質性較高、年均溫差較大、年雨量豐沛、且中高植生指標之地。有研究指出初級生產力與生物族群間的物種豐富度呈線性遞的關係 (Currie, 1991; Gaston, 2000)。較高的初級生產力會使物種的族群量增高，而增加該地區的物種豐富 (Wright, 1983)。初級生產力在位於生態系食物網 (food web) 中的第一營養階層 (trophic level)，為一從無機形式的能量轉為有機形式的關鍵過程，所有的消費者 (consumer) 都須依賴初級生產作用為生 (王立志等, 2002)。赫氏角鷹食物為中小型哺乳類、鳥類及爬蟲類等，為森林生態系中的食物網高級消費者，有赫氏角鷹分布地區必定生存著足以供給他們食物來源的小型動物，也表示這個地區的生態體系相對穩定，可視為森林生態系健康與否的指標。但值得注意的是，本研究過程中並未紀錄赫氏角鷹直接覓食行為，所以無法說明赫氏角鷹出現於該區域有棲地的利用或營養階層的作用，僅能對於赫氏角鷹分布範圍植生指標量的喜好程度提出解釋。

五、赫氏角鷹族群空間分佈模擬與分析

(一) 赫氏角鷹空間分布模式

本研究調查樣區的環境因子權重係數的賦予主要係參考各類別調整後的殘差值與有赫氏角鷹出現百分率為主如表 21。考慮每個環境因子間的交互作用，以二元邏輯迴歸之逐步迴歸 (stepwise regression) 方式計算出有顯著差異 ($p < 0.05$) 的環境因子，得知為海拔、坡度與到城鎮開發三個因子如表 22，而迴歸式中三個因子之常數與係數如表 23，所得迴歸式如下：

$$Y = -3.877 + 0.43 \times \text{海拔高度} + 0.212 \times \text{坡度} + 0.542 \times \text{城鎮開發}$$

表 21 邏輯迴歸各項環境因子權重係數表

類別	等級範圍	有赫氏角鷹 出現百分率	調整後的 殘差	權重係數
道路環框	1(0-2 km)	22.80%	-3.8	1
	2(2 km-4 km)	35.20%	0.7	2
	3(>4 km)	48.60%	3.7	3
城鎮開發	1(0-5 km)	9.90%	-5.6	1
	2(5km-10km)	36.40%	2.0	2
	3(>10km)	53.30%	4.1	3
海拔高度	1(<500m)	12.80%	-6.0	1
	2(500m-1,000m)	30.30%	-0.2	3
海拔高度	3(1,000m-1,500m)	63.80%	6.0	5
	4(1,500m-2,000m)	65.00%	3.4	4
	5(>2,000m)	25.00%	-0.5	2
坡度	1(0°-5°)	2.10%	-4.7	1
	2(5°-15°)	20.50%	-1.6	2
	3(15°-25°)	30.50%	-0.1	3
	4(25°-35°)	42.70%	2.5	5
	5(35°-45°)	56.10%	3.7	6
	6(45°-)	33.30%	0.1	4
坡向	北(315°-45°)	27.30%	-0.6	2
	東(45°-135°)	27.00%	-1.2	1
	南(135°-225°)	32.40%	0.4	3
	西(225°-315°)	42.90%	1.8	4
植生指標	1(<0.3)	0.00%	-3.9	1
	2(0.3-0.6)	34.20%	1.2	2
	3(>0.6)	34.60%	1.1	3

表 21 邏輯迴歸各項環境因子權重係數表(續)

類別	等級範圍	有赫氏角鷹 出現百分率	調整後的 殘差	權重係數
植群土地利用 類型	裸露建成地	3.40%	-5.0	1
	草生農耕地	37.90%	0.8	2
	森林	37.30%	3.8	3

表 22 邏輯迴歸各項環境因子統計表

類別	顯著性
道路開發	0.674
城鎮開發	0.021*
海拔	0.000**
坡度	0.038*
坡向	0.110
植群土地利用	0.144
植生指標	0.297
常數	0.000**

*p < 0.05, **p < 0.01

表 23 有顯著差異之環境因子邏輯迴歸分析表

因子	係數(B)	S.E.	自由度	顯著性	Exp(B)
海拔	0.43	0.110	1	0.000	1.538
坡度	0.212	0.102	1	0.038	1.236
城鎮開發	0.542	0.234	1	0.021	1.719
常數	-3.877	0.535	1	0.000	0.021

(二)赫氏角鷹出現機率之空間分布圖

本研究以 ArcGIS 空間分析的計算功能計算出赫氏角鷹的分布指數圖層如圖 22，得知赫氏角鷹分布指數 Y 介於-2.6930 與 1.1710 之間。並將 Y 值代入下列公式中，以空間分析的計算功能算出赫氏角鷹出現分布機率圖層如圖 23。

$$P=\exp(Y)/(1+\exp(Y))$$

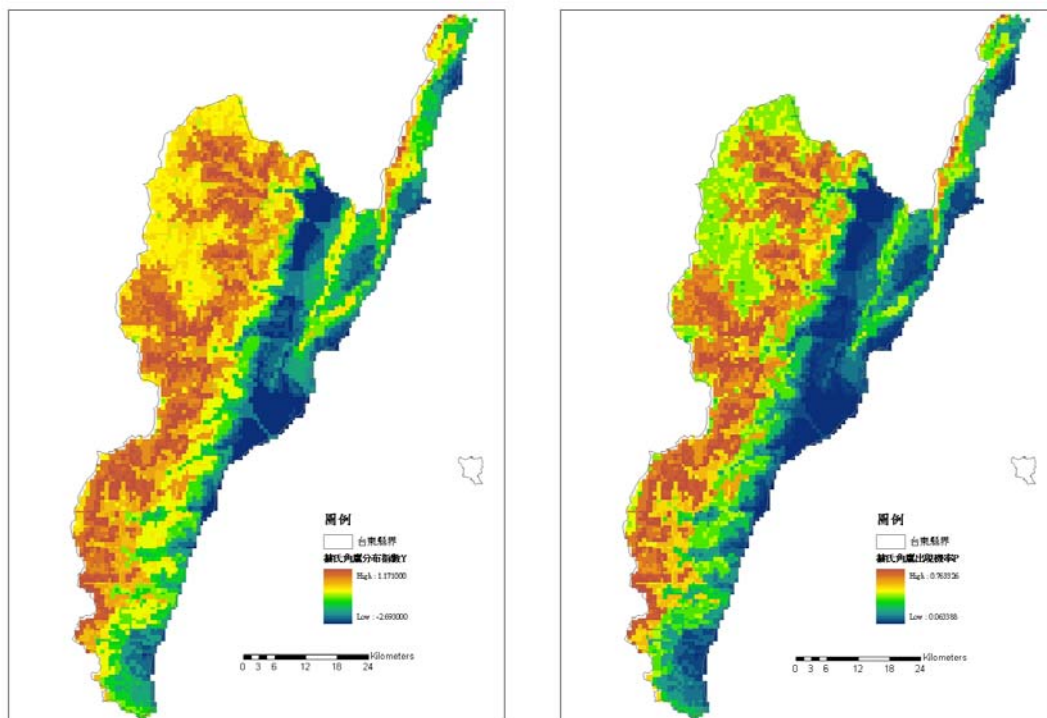


圖 22 赫氏角鷹出現指數分布圖 圖 23 赫氏角鷹出現機率分布圖

結果得知赫氏角鷹出現機率 P 介於 0.0634 到 0.7633 之間，再將赫氏角鷹出現機率分為 4 個等間距的類別，分別是出現機率低($0.06334 < P < 0.2384$)、中($0.2384 < P < 0.4134$)、高($0.4134 < P < 0.5883$)、極高($0.5883 < P < 0.7633$)4 個等級。而製作出台東縣赫氏角鷹出現機率等級分布圖如圖 24。

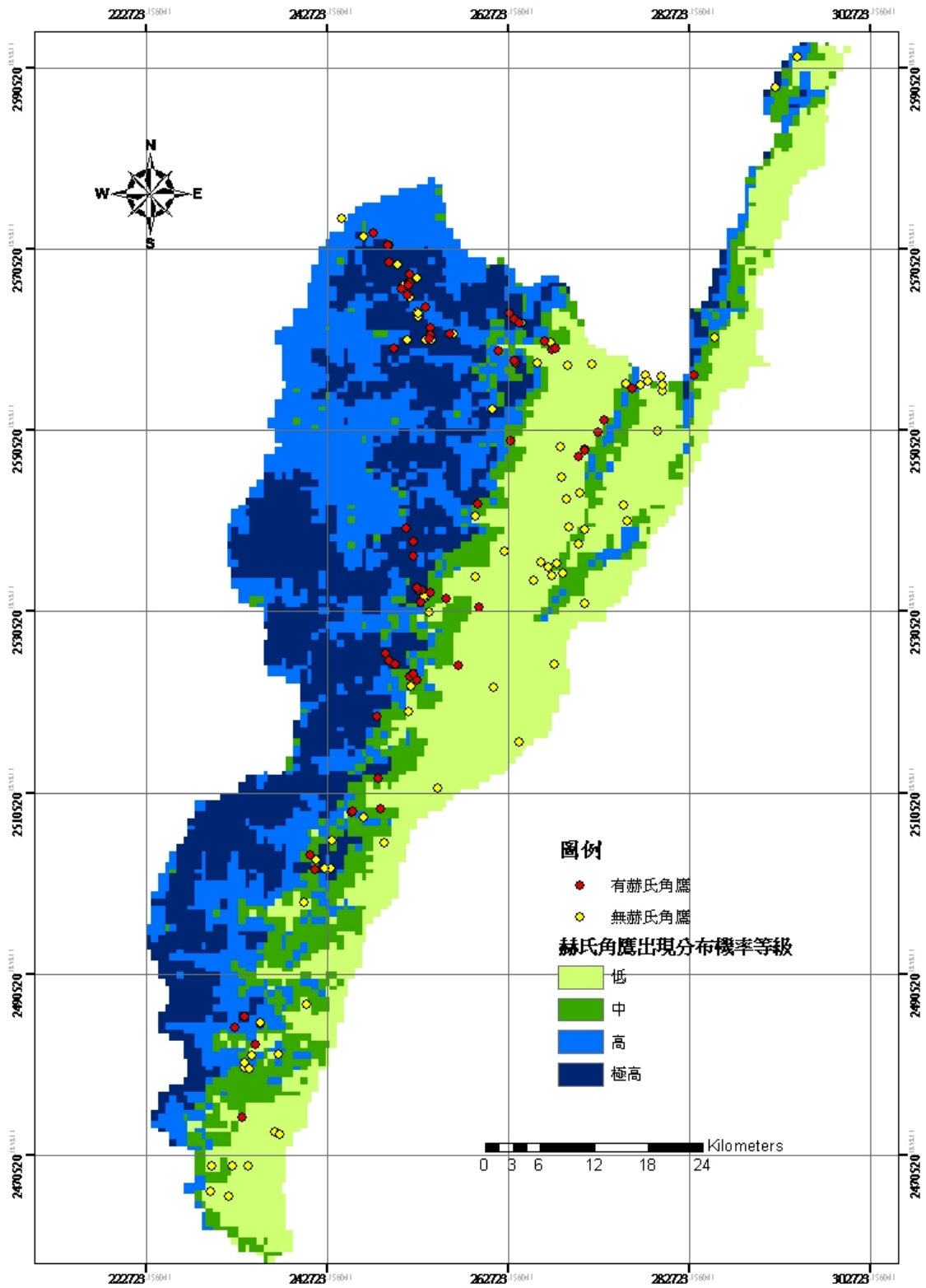


圖 24 台東縣赫氏角鷹出現機率等級分布圖

再將本研究調查的座標串入赫氏角鷹分布機率等級圖，分別統計各個等級赫氏角鷹的出現機率次數與百分率如表 24，在有赫氏角鷹紀錄中的出現機率極高等級所佔全部有鷹出現次數的 61.49%，在高等級佔 12.84%，二者合計為 74.33%，此為本研究紀錄有赫氏角鷹在出現機率高等級以上的預測準確程度如圖 25。

表 24 赫氏角鷹出現次數與各出現機率等級統計表

赫氏角鷹出現 機率等級	有無赫氏角鷹		合計	
	有紀錄次數	無紀錄次數		
低	次數	11	128	139
	百分率	7.43%	49.61%	34.24%
中	次數	27	65	92
	百分率	18.24%	25.19%	22.66%
高	次數	19	14	33
	百分率	12.84%	5.43%	8.13%
極高	次數	91	51	142
	百分率	61.49%	19.77%	34.98%
合計	次數	148	258	406
	百分率	100.00%	100.00%	100.00%

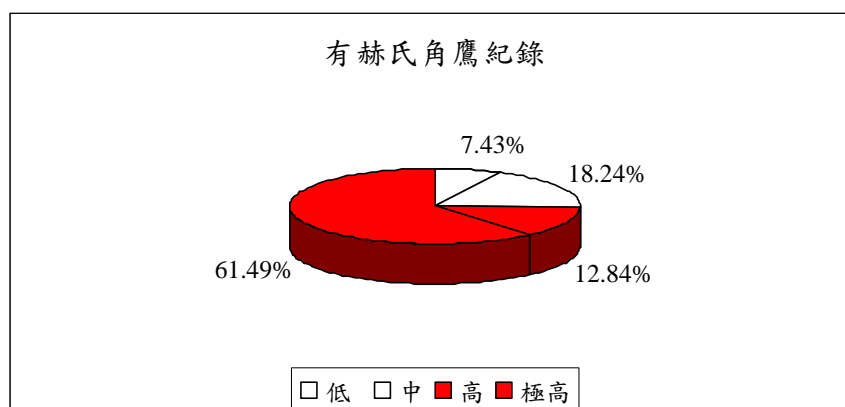


圖 25 極高與高等級之實際有鷹紀錄統計圖

(三)台東縣赫氏角鷹之族群推估

依日本赫氏角鷹生態研究會(1995)提出每對成鳥的分佈密度為 25 km^2 ($n=38$)，其鄰近的成對赫氏角鷹活動範圍應該是相互重疊的。Yamazaki (2005)認為一對赫氏角鷹的活動範圍包括巢位、幼鳥擴散前的活動範圍、繁殖期間的領域，一個包含大部分狩獵區域的核心區，以及核心區域外的獨立獵場，並推估出其活動範圍雄鳥為 10.74 km^2 ，雌鳥是為 8.90 km^2 ，雌雄每對為 11.73 km^2 ，而活動核心區域面積為 5.66 km^2 。印尼同屬爪哇鷹鵂(*Spizaetus bartelsi*)每對的活動範圍為 15.875 km^2 (Kuswando, 2003)。本島之赫氏角鷹體型較日本亞種為小，本研究以 ArcGIS 繪製出半徑為 1.4km 之環框，面積為 6.16 km^2 ，以模擬每對赫氏角鷹之核心區域；另繪製半徑為 2.0km 之環框，面積為 12.57 km^2 ，模擬每對赫氏角鷹之活動範圍，其中模擬之核心區域不重疊，且模擬之核心區赫氏角鷹出現等級極高或高之區域佔 75% 以上，模擬之活動範圍部分重疊。依此方法，可於本研究區域共繪製出 64 個環框，作為每對繁殖成鳥之活動範圍如圖 26。另本研究觀察紀錄得知成鳥與亞成鳥觀察之紀錄比率為 1:0.35。因此我們推估，64 個環框可視為 64 對成鳥之活動範圍，可估算出約有 128 隻成鳥，而亞成鳥觀察隻次數量為成鳥的 0.35 倍，可推估出亞成鳥約有 45 隻。依此方式，本研究推估出本區之赫氏角鷹之族群約有 173 隻。但值得注意的是，漫遊的亞成鳥的活動範圍可能涵蓋鄰近縣市，未完全屬於本研究區域，更嚴謹的方式，是實際追蹤掌握赫氏角鷹之每對活動範圍及核心區域，並了解成鳥的繁殖棲地組成，套疊相關圖層，方能更準確推估出赫氏角鷹之族群數量。

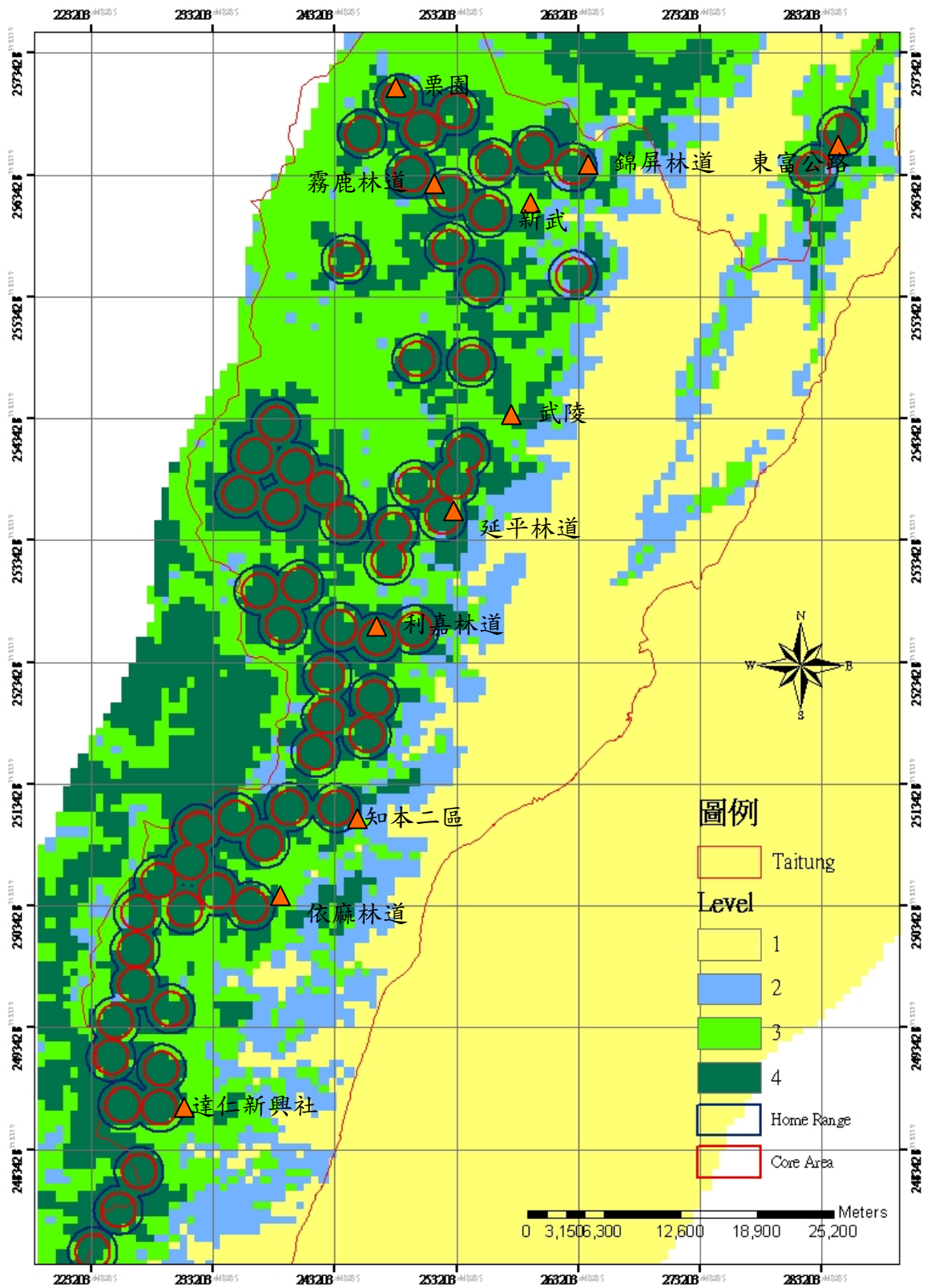


圖 26 台東縣之赫氏角鷹每對成鳥模擬核心區及活動範圍

六、赫氏角鷹保育現況之探討

國內赫氏角鷹目前所面臨的環境問題是非法獵捕、人為干擾與棲地破壞(方偉宏, 2005; 姚正得、許富雄, 2004)。而日本亞種所面臨的生存壓力主要來自於獵捕問題、人為開發所造成的干擾與棲息地的破壞(久保上宗次郎、松村俊幸, 1995; 藤田雅彥, 1996; 飯田知彥, 1996; 山崎亨, 1996)。同屬的爪哇鷹鵰與蘇拉鷹鵰面臨的危機則包含非法獵捕、非法砍伐與農業擴張和旅遊活動等森林棲地破壞行為所造成的棲息地的破碎化 (Setiadi *et al.*, 2000; Thiollay and Rahman, 2002)。

長期以來, 外型威武的赫氏角鷹深受馴鷹人士的青睞(顏重威, 1994; 姚正得、許富雄, 2004), 林文宏(1992)指出在 1980 年代每年有 10 隻以上的赫氏角鷹被捕獵, 直至 1980 年代末期才趨緩, 其中可能的因素是野生動物保育法的實施。但針對屏東縣的春日、來義及霧台三個原住民鄉鎮的針對當地獵人的實地訪談中, 有 50% 以上曾獵捕過赫氏角鷹; 另外有 51% 至 60% 的獵人在野生動物保育法實施後於知道獵捕行為觸法的情況之下, 仍持續獵鷹(孫元勳, 2004; 孫元勳, 2005)。

赫氏角鷹的飛羽上有長串三角形的斑紋與百步蛇身體的三角形圖案相似, 在遵奉百步蛇為祖靈象徵的排灣及魯凱族人眼中, 為崇高的身分地位象徵。但在以往依傳統階級制度只有頭目貴族才能配帶的赫氏角鷹鷹羽, 現在已日漸式微而嚴謹不再, 原住民非貴族之女性在結婚當日亦可配戴(王克孝等, 2005)。更值得令人注意的是, 直至 2005 年仍有赫氏角鷹獵捕或販售的紀錄, 鷹羽的價格從每支數千元至上萬元不等(王克孝等, 2005; 孫元勳, 2005)。顯然這是除了棲息地破壞之外的另一主要族群生存壓力。

本研究結果證實人為干擾因子如道路環框與城鎮開發確實與赫氏角鷹的出現與否有顯著關聯性。而人為開發干擾所造成的棲地破碎化、地景隔離或基質品質劣化的問題被早先許多人的研究所證實對於包括赫氏角鷹的猛禽或其它生物, 甚至是當地的生物多樣性有相當大的影響和傷害(林文宏, 1992; 顧芝寧, 2004; 藤田雅彥, 1996; Blair, 1996; Connor and McCoy, 1979; Ehrlich, 1986; Forman, 1995; Gerrard *et al.*, 2001; Harris,

1984; Mörberg and Wallentinus, 2000; Opdam, 1991; Schmiegelow *et al.* 1997; Setiadi *et al.*, 2000; Stouffer and Bierregaard, 1995; Thiollay and Rahman, 2002);但是非法獵捕的行為卻是直接危害到赫氏角鷹族群生存的因素(王克孝等, 2005; 林文宏, 1992; 孫元勳, 2004; 孫元勳, 2005; 久保上宗次郎、松村俊幸, 1995)。未來的赫氏角鷹的保育工作應以個別受到威脅的物種的保育與維持生物多樣性的生態系的棲地保育二者為並重的方向。

伍、結論

本研究在 2004 年 1 月至 2006 年 12 月的 406 次猛禽調查中，赫氏角鷹出現了 148 次共 224 隻次，其中成鳥佔 74%，亞成鳥佔 26%。出現行為紀錄以飛行之頻度為最高。不同季節之出現頻度以春季為最高，其次為冬季。

赫氏角鷹的出現頻度在人為干擾因子中與人口密度、道路開發和城鎮區開發的環境因子有極顯著關聯性。在人口密度等級最高之地區赫氏角鷹出現頻度最低，反之人口密度等級最低之地區赫氏角鷹出現頻度最高；在與道路距離最近等級出現頻度最低，最遠等級為最高是為 48.60%；在與城鎮開發最近等級出現頻度最低，在最遠等級最高達。赫氏角鷹的出現頻度明顯受到人類干擾與開發因子所影響。

在地形地貌因子中，赫氏角鷹的出現頻度與海拔高、坡度及坡向皆有顯著關聯性。赫氏角鷹的出現頻度隨海拔上升呈峰形分布，在海拔 1,000 m~1,500 m 和 1,500 m~2,000 m 有最高的出現頻度，在 500 m 以下的無出現頻度最高。赫氏角鷹在地形較為陡峭之處如坡度 25°~35°與至 35°~45°之間有較高之出現頻度，在人為開發程度高的較為平坦地區如坡度 5°以下的無出現頻度最高。在坡向因子，赫氏角鷹出現頻度以背風坡西向坡為最高。

利用福衛二號衛星影像作出台東縣植群土地利用分類圖與植生指標圖層後，統計赫氏角鷹出現頻度與上述二者之關聯性。結果發現在植群土地利用類型和植生指標二者皆有極顯著關聯性，在植群土地利用類型方面森林類型環境出現頻度最高，故赫氏角鷹在森林類型環境有較高出現的趨勢，證實赫氏角鷹為森林猛禽的論述；在植生指標以中、高等級的地方有較高出現之頻度，在植生指標最低等級的調查樣區沒有赫氏角鷹出現紀錄。

本研究以空間性之環境因子資料，利用邏輯迴歸分析，得知赫氏角鷹的有無出現與海拔、坡度和城鎮開發三項因子有顯著差異，並得以此結果建立以環境因子為基礎之赫氏角鷹的空間分布模式，而推導出台東

縣赫氏角鷹出現機率等級分布圖，以野外調查資料的樣區座標串入此出現機率分布圖，結果在極高與高之等級中合計達 74.33% 的預測正確性。並依此分布機率等級圖，參照前人研究之赫氏角鷹每對活動範圍及繁殖核心區域之論述，得以推估本縣赫氏角鷹大約族群數量，約 173 隻。

赫氏角鷹族群的生存壓力來自於人為開發所造成的棲地破碎化與非法獵捕。未來的赫氏角鷹的保育工作應以物種保育與棲地保育二者並重。

陸、建議

- 一、本研究以野外調查資料，配合各項環境因子，以 ArcGIS 繪製出赫氏角鷹出現機率等級分布圖，係以現有資料推估出其潛在分布。建議與現有保護區之圖層作套疊，並檢討現有保護區之規畫情形，以作為未來國土政策經營管理之參考。
- 二、赫氏角鷹為極重要之指標物種，在國外的研究中，像是日本赫氏角鷹、爪哇鷹鵰與蘇拉鷹鵰，均投入相當長的時間與人力物力在於重要物種的研究保育。有鑑於赫氏角鷹每日活動時間相當短，本研究目前以 3 年之目擊紀錄，僅能分析其空間分布情形，未來亟需以巢位選擇、棲地利用與繁殖行為等方法，確實了解赫氏角鷹之棲地利用行為。本研究建議未來之研究方向以赫氏角鷹巢位選擇與繁殖行為為方向，以建立赫氏角鷹之棲地利用資料庫。保育主管機關更應投入與支持長期研究之計畫，以建立台灣保育之良好模式。
- 三、研究結果指出，赫氏角鷹的出現頻度與人為干擾與開發有極顯著的關聯性，在森林較為完整之環境赫氏角鷹有較高之出現頻度，且在植生情形較健康之環境赫氏角鷹有較高之出現頻度。如何永續經營國土之保育及遏止不當違法之開發或濫墾盜伐之行為，持續監測森林環境之健康，保育生物之多樣性，為政府機關與全民所應共有之體認與責任。

柒、謝誌

本研究承蒙行政院農業委員會林務局台東林區管理處經費補助。調查報告承國立台東大學生命科學研究所彭仁君教授與特有生物研究保育中心姚正得副研究員二位審查委員指正。調查研究期間承國立屏東科技大學農學院陳朝圳院長及森林經營暨地理資訊系統研究室提供地理資料庫及協助處理圖層，生態界友人周大慶先生等諸位鳥友提供寶貴意見，對於野外調查及資料處理工作幫助頗多。另外，本會林國欽、徐宗興、鄭玉真、李富美、韓立郡、陳戎琛、藍麗真、謝中和、蘇漢江、林枝榮、楊宗瑋、郭美汝及李建和等義工不辭辛勞，協助野外調查及資料整理，謹此致上最大謝忱。

參考文獻

- 王立志、王瑞香、呂光洋、吳海音、吳聲海、李玲玲、李培芬、林良恭、林俊全、林登秋、金恆鏞、侯平君、夏禹九、張學文、許博行、郭耀綸、陳明義、黃生、楊月玲、楊正澤、趙榮台譯，M. C. Molles 原著 (2002) 生態學概念與應用。麥格羅·希爾國際出版公司，561 頁。
- 王克孝、何錦尚、蔡偉勛、蘇俊榮 (2005) 台東縣赫氏角鷹族群分布調查研究。行政院農業委員會保育研究系列 94-17 號。行政院農業委員會林務局台東林區管理處，39 頁。
- 王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮 (1991) 台灣野鳥圖鑑。台灣野鳥資訊社，274 頁。
- 方偉宏 (2005) 台灣受脅鳥類圖鑑。貓頭鷹出版社，164 頁。
- 中華民國野鳥學會編譯，Johannes Erritzoe 原著 (1997) 華盛頓公約鳥類名錄鳥種鑑定手冊。中華民國野鳥學會，206 頁。
- 台東縣政府 (2005) 台東縣統計要覽第 54 期。台東縣政府，442 頁。
- 吳守從 (1997) 森林植群生態資訊建立之研究。國立台灣大學森林學研究所碩士論文，131 頁。
- 吳志昇 (1999) 台灣東部海岸山脈都蘭山之森林植群調查分析。國立台灣大學森林學研究所碩士論文，88 頁。
- 何錦尚、陳朝圳 (2006) 應用地理資訊系統分析台東縣境赫氏角鷹之空間分布。2006 年動物行為與生態、中國生物學會聯合學術年會，國立屏東科技大學野生動物保育研究所主辦。屏東：屏東科技大學，第 98 頁。
- 巫桂菁(2003) 台灣本島以生物多樣性熱點為基礎之自然保護區規劃。國立臺北大學資源管理研究所碩士論文，133 頁。

- 李培芬、許皓捷、許嘉恩 (2003) 台灣繁殖鳥類多樣性的海拔分布。海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。國立自然科學博物館、財產法人台灣自然保育文教基金會主辦，台中：國立自然科學博物館，第 47-63 頁。
- 李培芬 (1995) 地理資訊系統和遙測在鳥類研究之應用：以關渡和七股為例。第二屆海岸及濕地生態保育研討會。中華民國野鳥學會等主辦。台北：國立中央圖書館，第 129-140 頁。
- 沙謙中 (1989) 忽影悠鳴隱山林-玉山國家公園鳥類資源。玉山國家公園出版社，265 頁。
- 林文宏 (1992) 台灣地區猛禽調查(I)。80 年度生態研究報告第 33 號。行政院農業委員會，52 頁。
- 林玉茹(1999) 台東縣史地理篇—沿革。台東縣政府，第 11-51 頁。
- 林金樹 (2004) 應用 GIS 技術於野外動物物種多樣性空間分布型態之研究。航測及遙測學刊 9(1)：77-94。
- 周大慶 (2005) 墾丁國家公園墾丁地區大冠鷲繁殖及棲地利用之調查研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。內政部營建署墾丁國家公園管理處，61 頁。
- 施炳霖 (1999) 台東縣史地理篇—野生植物。台東縣政府，第 278-296 頁。
- 姚正得、許富雄 (2004) 保育類野生動物圖鑑鳥類篇。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，第 77-205 頁。
- 孫元勳 (2004) 南北大武山地區赫氏角鷹族群、生態與獵捕壓力研究期末報告(第一年)。行政院農業委員會林務局，36 頁。
- 孫元勳 (2005) 來義、春日、霧台鄉原住民獵捕赫氏角鷹之調查。台灣猛禽生態研討會。台灣猛禽生態研究會主辦。台北：林業試驗所，第 23 頁。

- 高瑋 (1995) 鳥類生態學。中台科學科技出版社，446 頁。
- 高瑋 (2001) 中國隼形目鳥類生態學。科學出版社，176 頁。
- 翁國盈 (1974) 台灣東部氣候之研究。台灣師範大學地理研究所碩士論文，74 頁。
- 許皓捷、李培芬、許嘉恩 (1997) 台灣中部海拔山區鳥類群聚與景觀之關係。第一屆鳥類研討會論文集。中華民國野鳥學會主辦。台北：台灣大學，第 27-145 頁。
- 許皓捷、李培芬(2002) 台灣高山針葉林鳥類群聚與環境的關係。野鳥——中華民國野鳥學會 2002 年刊。中華民國野鳥學會，第 9-24 頁。
- 許皓捷、李培芬、許嘉恩 (2003) 環境因子在高山鳥類群聚構成所扮演的角色：海拔、植群形相、或植群組成？海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。國立自然科學博物館、財產法人台灣自然保育文教基金會主辦，台中：國立自然科學博物館，第 65-80 頁。
- 許皓捷 (2003) 台灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立台灣大學動物學研究所博士論文，197 頁。
- 許維樞 (1995) 中國猛禽鷹隼類。中國林業出版社，109 頁。
- 許富雄 (2001) 鳥類資源的調查方法。特有生物研究 3：81-90。
- 許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗、賴肅如 (2004) 台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6(2)：41-66。
- 陳朝圳 (1993) 地理資訊系統在森林經營管理上之應用——以自然保護區為例。國立中興大學森林研究所博士論文，234 頁。
- 陳朝圳 (1999) 模糊地理資訊系統應用於野生動物之棲息地分析——以台灣山羌為例。技術學刊 14(2)：265-270。
- 陳朝圳、陳正華、吳守從 (2001) 人為干擾對南仁山保護區地景之影響。

林業研究季刊 23(2) : 25-34。

張石角 (2004) 太魯閣國家公園大同、大禮聯外交通設施工程之工程地形和地質之調查分析與可行性評估。內政部營建署太魯閣國家公園管理處，52 頁。

鹿兒陽 (1991) 北大武山針闊葉樹自然保護區植群生態之研究。國立台灣大學森林研究所碩士論文，108 頁。

葛兆年、李培芬 (2003) 台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態。台灣林業科學 18(4) : 349-361。

趙羿、賴明洲、薛怡珍 (2003) 景觀生態學。地景企業股份有限公司，372 頁。

劉小如、張蕙芬、陳奇祿譯著。Diamond A. W. 原著 (1997) 救救我們——從鳥類存亡看人類未來。中華民國自然生態保育協會，384 頁。

劉瑩三 (1999) 台東縣史地理篇—地質與地形。台東縣政府，第 135-204 頁。

鄭祈全、許立達、賴玉菁 (2001) 應用地理資訊系統監測森林地景變遷之研究。臺灣林業科學 14(4) : 493-507。

蕭慶亮 (2001) 台灣賞鷹圖鑑。晨星出版有限公司，276 頁。

蘇鴻傑 (1987) 植群生態多變數分析法之研究 III：降趨對應分析及相關分布序列法。中華林學季刊 20 : 45-68。

山崎亨 (1996) 赫氏角鷹的棲息條件—威脅赫氏角鷹棲息之主要因素。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第 2 回。廣島赫氏角鷹生態研究會主辦。日本：廣島市，第 12-14 頁。

久保上宗次郎、松村俊幸 (1995) 福井縣若狹地區棲息之赫氏角鷹築巢環境。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第 1 回。日本：草津市，第 6

頁。

日本赫氏角鷹生態研究會 (1995) 赫氏角鷹的分布。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第 1 回。日本：草津市，第 11 頁。

浜口哲一、森岡忠明、叶内拓哉、蒲谷鶴彦 (1991) 日本の野鳥。山と溪谷社，591 頁。

飯田知彦、森本榮 (1995) 赫氏角鷹的築巢地形與植生。日本赫式角鷹生態研討會論文集第 1 回。日本：草津市，第 5 頁。

飯田知彦 (1996) 關於赫氏角鷹繁殖的詳細狀況與築巢地的保護方法。日本赫式角鷹生態研討會論文集第 2 回。廣島熊鷹生態研究會主辦。日本：廣島市，第 6-11 頁。

藤田雅彦 (1996) 關於日本阻礙赫氏角鷹繁殖案例。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第 2 回。廣島赫氏角鷹生態研究會主辦。日本：廣島市，第 15-17 頁。

Antongiovanni, M., and J. P. Metzger (2005) Influence of matrix habitats on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. *Biological Conservation* 122: 441-451.

Austin, G. E., C. J. Thomas, D. C. Houston, and D. B. A. Thompson (1996) Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using a geographical information system and remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 33: 1541-1550.

Bibby, C., M. Jones, and S. Marsden (1998) Expedition field techniques bird surveys. Expedition Advisory Centre, London, 137 pp.

Bookhout, T. A. (1996) Research and management techniques for wildlife and habitats. The Wildlife Society Press, Maryland. 740 pp.

Brotons, L., and S. Herrando (2001) Factors affecting bird communities in

fragments of secondary pine forests in the north-western Mediterranean basin. *Acta Oecologica* 22: 21-31.

Brown, L. (1997) *Birds of prey*. Chancellor Press, London. 256 pp.

Burnham, K. P., D. R. Anderson, and J. L. Laake (1980) Estimation of density from line transect sampling of biological population. *Wildlife Monography* 72: 1-202.

Bustamante, J., and J. Seoane (2004) Predicting the distribution of four species of raptors (Aves: Accipitridae) in southern Spain: statistical models work better than existing maps. *Journal of Biogeography* 31: 295-306.

Currie, D. J. (1991) Energy and large-scale patterns of animal and plant species richness. *American Naturalist* 137: 27-49.

Ehrich, P. R. (1986) The loss of diversity. p. 21-27. In Wilson, E. O. (Ed.) *Biodiversity*. National Academic Press, Washington.

Endo, K. (2003) Breeding Performance of the Goshawk (*Accipter gentils*) in Central Japan over the Last 10 Year. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 34.

Ferguson-Lees, J., and D. A. Christie (2001) *Raptors of the World*. Houghton Mifflin Company Press, Boston. 992 pp.

Forman, R. T. T. (1995) *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge. 632 pp.

Gaston, K. J. (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.

Guisan, A., J. P. Theurillat, and F. Kienast (1998) Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science* 9: 65-74.

- Harris, L. D. (1984) *The Fragmented Forest*. The University of Chicago Press, Chicago. 230 pp.
- Hashimoto, H., Y. Natuhara, and Y. Morimoto (2005) A habitat model for *Parus major minor* using logistic regression model for urban area of Osaka, Japan. *Landscape and Urban Planning* 70: 245-250.
- He, H. S., D. J. Mladenoff, V. C. Radeloff, and T. R. Crow (1998) Integration of GIS data and classified satellite imagery for regional forest assessment. *Ecological Applications* 8: 1072-1083.
- Ichinose, H. (2003) The Daily Activity Pattern and the Home Range of Japanese Mountain Hawk Eagle Male. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 58.
- Kuswandono, D. Ekawati, S. Mulyati, and N. Sakaguchi (2003) Javan Hawk Eagle (*Spizateus bartelsi*) Research and Monitoring in Cikaniki, Gunung Halimun National Park - Indonesia. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 68.
- MacArthur, R. H., and E. O. Wilson (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 224 pp.
- Manel, S., J. M. Dias, and S. J. Ormerod (1999) Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distribution: a case study with a Himalayan bird. *Ecological Modelling* 120: 337-347.
- Moore, I. D., R. B. Grayson, and A. R. Ladson (1991) Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and hydrological process biological applications. *Hydrological Process* 5: 3-30.
- Mörberg, U., and H. G. Wallentinus (2000) Red-listed forest bird species in an

urban environment—assessment of green space corridors. *Landscape and Urban Planning* 50: 215-226.

Morrison, L. M., B. G. Marcot, and R. W. Mannan (1998) *Wildlife-Habitat Relationships: Concepts and Application*. The University of Wisconsin Press, Madison. 416 pp.

Mosher, J. A., M. R. Fuller, and M. Kopeny (1990) Surveying woodland raptors by broadcast of nonspecific vocalization. *Journal of Field Ornithology* 61: 453-461.

Murate, T. (2003) Define core area of Mountain Hawk Eagle in Japan. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 20.

Oindo, B., R. A. D. By, and A. K. Skidmore (2000) Interannual variability of NDVI and bird species diversity in Kenya. *JAG* 2: 172-180.

Palmeirim, J. M. C. (1988) Automatic mapping of avian species habitat using satellite imagery. *Oikos* 52(1): 59-68.

Roy, P. S. and S. Tomar (2000) Biodiversity characterization at landscape using geospatial modeling technique. *Biological Conservation* 95: 95-109.

Schmiegelow, F. K. A., C. S. Machtans, and S. J. Hannon (1997) Are boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short-term community responses. *Ecology* 78(6): 1914-1932.

Sergio, F., L. Marchesi, and P. Pedrini (2004) Integrating individual habitat choices and regional distribution of a biodiversity indicator and top predator. *Journal of Biogeography* 31: 619-628.

Setiadi, A. P., Z. Raknman, M. Muchtar, and W. Raharjaningtrah (2000) Final report of Status, Distribution, Population, Ecology and Conservation Javan Hawk-eagle *Spizaetus bartelsi*, Stresemann 1924 on

southern part of west Java. Gibbon Foundation, Bandung. 43 pp.

Su, H. J. (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(II): Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. Quarterly Journal of Chinese Forestry 17(4): 57-73.

Su, H. J. (1985) Studies on the Climate and Vegetation types of the natural forest in Taiwan. (III). A scheme of geographical climatic regions. Quarterly Journal of Chinese Forestry 18(3): 33-44.

Terborgh, J. (1971) Distribution on environmental gradients: Theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba. Ecology 52: 23-40.

Whitfield, D. P., D. R. A. Mcleod, A. H. Fielding, R. A. Broad, R. J. Evans, and P. F. Haworth (2001) The effects of forestry on golden eagles on the island of Mull, western Scotland. Journal of Applied Ecology 38: 1208-1220.

Wright, D. H. (1983) Species-energy theory: An extension of species-area theory. Oikos 41: 496-506.

Yamazaki, T. (2005) The ecology and home range analysis of the Mountain Hawk Eagle(*Spizaetus nipalensis orientalis*) in Japan. The 3rd Symposium on Ecology of Raptors in Taiwan. Taipei. p. 28-29.

內政部 (2005) 非都市土地開發審議作業規範。台北市：內政部。2006年4月10日。取自：

http://www.cpami.gov.tw/lawdata/11_detail.php?blano=604&pageno=1

台東縣政府 (2006) 台東縣政統計。台東縣：台東縣政府。2006年3月21日。取自：<http://www.taitung.gov.tw/department/>

台東縣政府 (2006) 台東縣的氣候植物。台東縣：台東縣政府。2006年

2月20日。取自：

http://www.taitung.gov.tw/chinese/exotic/ex_weather.php

行政院農業委員會 (2002) 山坡地保育利用條例。台北市：行政院農業委員會。2006年4月2日。取自：

http://bulletin.coa.gov.tw/show_lawcommond.php?serial=9_cikuo_20040914093646&code=A07&type=A

國立中央大學太空及遙測研究中心 (2006) 福爾摩沙衛星二號簡介。桃園縣：國立中央大學太空及遙測研究中心。2006年1月10日。取自：

http://www.csrnr.ncu.edu.tw/chin.ver/c5query/c_formosat2.php

附錄一 調查期間記錄之其他猛禽名錄

目	科	中名	學名	居留狀況	保育等級	特有類別
隼形目	鵟科 Pandionidae	魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	冬候鳥	珍貴稀有	
Falconiformes						
	鷹科 Accipitridae	日本松雀鷹	<i>Accipiter gularis</i>	過境鳥		
		北雀鷹	<i>Accipiter nisus</i>	冬候鳥	珍貴稀有	
		赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	過境鳥	珍貴稀有	
		鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	留鳥	珍貴稀有	特有亞種
		松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	留鳥	珍貴稀有	特有亞種
		灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>	過境鳥	珍貴稀有	
		澤鵟	<i>Circus spilonotus</i>	冬候鳥		
		灰澤鵟	<i>Circus cyaneus</i>	冬候鳥		
		林雕	<i>Ictinaetus malayensis</i>	留鳥	瀕臨絕種	
		黑鵟	<i>Milvus migrans</i>	留鳥	珍貴稀有	
		蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	冬候鳥	珍貴稀有	
		大冠鵟	<i>Spilornis cheela</i>	留鳥	珍貴稀有	特有亞種
		熊鷹	<i>Spizaetus nipalensis</i>	留鳥	瀕臨絕種	
		黑冠鵟隼	<i>Aviceda leuphotes</i>			
	隼科 Falconidae	遊隼	<i>Falco peregrinus</i>	冬候鳥	瀕臨絕種	
		燕隼	<i>Falco subbuteo</i>	過境鳥	珍貴稀有	
		紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>	冬候鳥	珍貴稀有	

附錄二 彩色圖版



研究調查樣區—延平林道(何錦尚攝)



研究調查樣區—新興(何錦尚攝)



研究調查樣區—霧鹿林道 (謝中和攝)



研究調查樣區—南橫新武(謝中和攝)



本會人員野外調查情形(何錦尚攝)



研究調查樣區—南橫新武(謝中和攝)



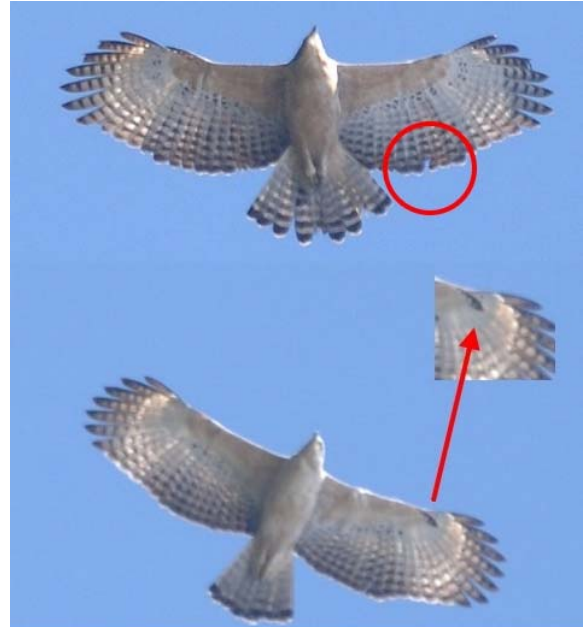
調查期間拍攝之赫氏角鷹照片(蔡偉勛攝)



調查期間拍攝之赫氏角鷹照片(蔡偉勛攝)



調查期間拍攝之赫氏角鷹照片(蔡偉勛攝)



調查期間拍攝之赫氏角鷹照片(蔡偉勛攝)



調查期間拍攝之赫氏角鷹照片(蔡偉勛攝)



2006/11/26 10:18:39

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)



2006/11/26 11:33:11

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)



2006/11/26 11:34:46

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)



2006/11/26 11:42:43

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)



2006/11/26 11:43:57

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)



2006/11/26 12:09:39

單日紀錄 6 隻不同赫氏角鷹個體(蔡偉勛攝)