



國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所

碩士論文

Graduate Institute of Ecology and Evolutionary Biology

College of Life Science

National Taiwan University

Master Thesis

基隆市臺灣野豬秋季的棲地利用

Autumn Habitat Use of Wild boar (*Sus scrofa taiwanus*) in

Keelung, Taiwan

馮建瑄

CHIEN-HSUAN Feng

指導教授：李玲玲 博士

Advisor: LING-LING Lee, Ph.D.

中華民國 108 年 7 月

July, 2019

## 謝誌



感謝一路上所有給予我協助的師長、家人、同學與朋友，讓這個論文得以順利完成。從當初懵懵懂懂的踏入臺大生態演化所的大門，到如今終於完成論文；尤其感謝我的指導老師李玲玲博士，當我在求學之路上迷途之時，謝謝老師有如大海中的燈塔指引著我前進的方向。謝謝李老師給我探索题目的自由，讓我勇於嘗試，但當我遭遇挫折時亦賦予我新的想法與希望。也感謝趙榮台老師提供我這個機會學習關於臺灣野豬的種種，並且給予我各種協助與指導。

感謝獵人張國隆先生參與本研究，撥冗自東部到基隆協助調查。一起翻山越嶺、跋山涉水，以獵人的專業知識協助臺灣野豬的痕跡調查，並細心教導我如何辨識動物的痕跡。謝謝邱春火老師提供我統計分析上的建議，讓身為統計苦手的我心裡踏實許多。感謝實驗室夥伴的鼓勵與支持，尤其是學長白任暉協助野豬的痕跡調查，陪我一起在基隆的深山林內穿梭，真是辛苦你了。

還要感謝我的父母，願意放手讓我追求我的目標，並耐心的守候著我。這段日子來讓你們擔心了。最後，感謝身邊的朋友們，王盈穎、白任暉、莊欣瑜、吳曉平、施怡伸、林宜儒、陳虹巧，以及許多親朋好友。謝謝好友們無論是生活上與課業上，都不遺餘力地提供我各種建議與協助。謝謝你們在我焦慮的時候陪我聊天紓壓、我沮喪的時候聽我訴苦，讓我有勇氣可以勇敢的面對遭遇到的各種困阻，使這篇論文得以完成。謝謝你們伴我走過這段歲月，承蒙各位的照顧，也謝謝你們陪我一起見證隧道盡頭的那道亮光。

## 摘要



臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)為臺灣特有亞種，是臺灣少數未被列入保育類的大型哺乳動物。臺灣野豬時常入侵農田覓食而造成農業損失，因此在部分地區(包括基隆市)被視為有害生物而遭獵捕。基隆市的山區屬於森林、溪流、農田、聚落等鑲嵌的丘陵地景，適於野豬棲息。然而臺灣野豬在中低海拔農林鑲嵌地區的棲地利用研究甚少，因此本研究擬透過野外調查與空間分析，了解影響基隆市臺灣野豬棲地利用的主要環境因子。本研究於2018年秋季利用野外調查21個2x2平方公里網格內總長34.24公里的調查路線，紀錄沿線臺灣野豬出現活動的點位資料，透過套疊土地利用與多項環境因子的地理資訊系統(Geographical Information System, GIS)圖層及廣義線性混合模型(Generalized Linear Mixed Model, GLMM)，分析基隆市山區臺灣野豬出現位置與距森林邊緣距離、距水源距離、距開闊地距離、距農田距離、地形崎嶇指數、海拔、坡度、坡向、環境類型、土壤質地等十個因子之關係。

結果顯示，基隆市的臺灣野豬在秋季較常出現在距水源較遠、海拔較高、略有坡度，而崎嶇指數較低的環境；且在各種環境類型中，野豬較常在混合林活動。至於分項行為的分析結果顯示，野豬傾向在離水域較遠的混合林中移動，並在海拔較高處築巢或休息，覓食行為與各項環境因子的相關性均不顯著。

關鍵詞：臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、棲地利用、空間分析、廣義線性混合模型、基隆市

## Abstract



The Formosan wild boar (*Sus scrofa taiwanus*), though an endemic subspecies, is not a legally protected species according to the Wildlife Conservation Act in Taiwan. They may forage in farmlands and damage crops, thus causing economic losses. As a result, wild boars are considered pests and are hunted in some regions, including Keelung. Keelung is featured with hilly landscape containing a mosaic of patches of forest, stream, farmland human settlement that are suitable habitats of wild boars. However, little is known on habitat use of the Formosan wild boars in the non-urban lowland hilly areas. Therefore, the aim of this study is to find out factors that would affect wild boars' habitat use in Keelung, by using field survey and spatial analysis. Wild boar tracks and markings are recorded along survey routes with a total of 34.24 km in length within 21 2×2 km<sup>2</sup> grids in Keelung in Autumn of 2018. Generalized linear mixed model and spatial analysis are used to analyze the effects of following factors on habitat use of the Formosan wild boars: distance nearest to forest edge, distance nearest to clearings, distance to water body, distance to farmland, terrain ruggedness index, elevation, slope, aspect, type of environment and soil type. In addition to the analysis of factors affecting wild boar's presence or absence, tracks and

markings are classified by different activities, and their relationship with these ten factors are discussed separately.



The result shows that the Formosan wild boars in Autumn in Keelung tend to appear at locations with greater distance to water body, lower terrain ruggedness and some slope. Among various environmental types, wild boar appears more often in mixed forest. Results of analyses regarding habitat use of various activities showed that wild boars in Keelung mainly travel far from the water body in mixed forests, build their nests or rest at higher elevation. No environmental factors were found correlating significantly to the locations of foraging behavior of wild boars in Keelung.

Keywords: Formosan wild boar (*Sus scrofa taiwanus*), habitat use, spatial analysis, generalized linear mixed model(GLMM), Keelung

# 目錄



謝誌 .....	i
摘要 .....	ii
Abstract.....	iii
目錄 .....	v
圖目錄 .....	vii
表目錄 .....	viii
壹、前言 .....	1
貳、材料與方法 .....	6
一、研究對象 .....	6
二、研究地區 .....	7
三、野外調查與資料分析 .....	8
(一) 樣區與調查路線之選取 .....	8
(二) 沿線調查與紀錄 .....	8
(三) 空間資料分析 .....	9
(四) 統計分析 .....	11
參、結果 .....	13
一、野豬痕跡出現狀況 .....	13
二、野豬棲地利用之環境因子分析 .....	14
(一)野豬出沒之環境因子分析 .....	14
(二)野豬覓食行為之環境因子分析 .....	15
(三)野豬通道之環境因子分析 .....	15
(四)臺灣野豬巢位與休息處之環境影響因素分析 .....	15
肆、討論 .....	16
伍、結論 .....	21

陸、引用文獻 .....	22
附圖 .....	27
附表 .....	32



## 圖目錄



圖 1 中央氣象局統計之基隆市 1981 至 2010 年間每月平均雨量圖。.....	27
圖 2 基隆行政區界、樣區方格與調查路線位置。.....	28
圖 3 基隆市局部土地利用調查成果圖資。.....	29
圖 4 本研究的調查路線與所發現野豬痕跡的位置。.....	30
圖 5 臺灣野豬活動後留下的痕跡。.....	31



## 表目錄



表 1 臺灣野豬出沒與否的環境因子之廣義線性混合模型分析結果。.....	32
表 2 臺灣野豬覓食行為環境因子之廣義線性混合模型分析結果。.....	33
表 3 臺灣野豬作為通道的環境因子之廣義線性混合模型分析結果。.....	34
表 4 臺灣野豬作為巢位或休息處環境因子之廣義線性混合模型分析結果。.....	35



## 壹、前言

野豬(*Sus scrofa*)是世界上分布最廣泛的哺乳動物之一。本種原產於歐亞大陸及北非多個國家，並且被引入美洲與澳洲部分地區建立族群。野豬使用的棲地類型也十分多樣，從低海拔至高山的各類森林、濕地、草原、灌叢、農田等均可發現其活動的痕跡(IUCN, 2008)。野豬的活動對其所棲息的生態系有著重要的影響，例如牠們的覓食、拱地(rooting)等行為會改變土壤與腐植層的物理結構、化學組成，改變地表的動植物群落；進而影響生態系中土壤的養分循環與在地的生物多樣性(Massei, 2004)，因此野豬在生態系中扮演著舉足輕重的角色。

野豬有極強的繁殖力，是有蹄類動物中繁殖速度最快的物種(Taylor et al., 1998)，在許多歐洲國家被作為狩獵活動的重要資源。此外，由於野豬的生存環境常與人類活動範圍有所重疊，野豬進入牧場或農田覓食、活動而導致經濟損失的狀況時常發生，因而在許多國家被視為有害生物(pests)(Jánoska, 2018)。在 1950 年代左右，歐洲的野豬曾因為棲地的破碎化以及人為獵捕等壓力，導致族群數量下降。為滿足狩獵運動的需求，野豬的經營管理逐漸受到重視，歐洲許多國家開始研究並保育野豬，並利用再引入(reintroduction)等保育手段復育野外的野豬族群(Tsachalasis, 2008)。然近幾十年來野豬在歐洲族群數量迅速上升，在地中海地區由於野豬被視為最重要的狩獵目標，其數量的穩定一方面可以滿足狩獵活動的需求，二方面也可提供當地大型掠食者穩定的食物來源。但野豬數量的增加也使得野豬與農業之間的衝突逐漸加劇，在許多國家造成可觀的經濟損失。據統計，義大利境內野豬所造成的農業損失，賠償金額一年高達 900 萬歐元(Lombardini et al., 2017)。因此許多科學家開始試圖了解野豬的棲地利用，作為經營管理野豬族群的參考依據。

過去的研究指出，野豬的棲地利用可能與以下幾個因素有關：食物資源多寡、可供休息的庇護所、水源、躲避掠食者等。Meriggi and Sacchi (2000)以三種不同尺度分析義大利亞平寧山脈北部(Northern Apennines)野豬族群的棲地需求，

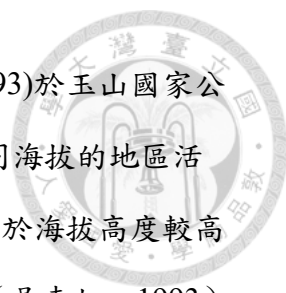


結果顯示野豬偏好使用混和林、老熟闊葉林及矮林，且鄰近水源的區域。可能是因為森林環境能提供野豬較豐富的食物資源，而水源則是野豬打滾、泥浴的地方。水源對野豬來說相當重要，除了水分的攝取之外，因為野豬不具有汗腺，散熱不易，必須透過在泥坑或水裡打滾降溫。

野豬偏好的活動區域也會隨著季節不同有所變化，可能是受到不同植物的生長狀況所影響。例如在夏季野豬傾向使用矮林的環境，因為夏天時矮林比老熟林更能提供野豬掩蔽(cover)。而針葉林於夏季有較高的使用率，其原因是在雨量較少的夏季，針葉林地表的腐植層較厚，地表土壤質地相對較柔軟，野豬比較容易挖掘土壤、找尋土壤中的昆蟲幼蟲或其他食物。而在農作物的收穫季節野豬也會到農田中覓食，在森林食物較缺乏的冬季也會到果園中覓食落果(Meriggi and Sacchi, 2000)。

Park and Lee (2003)分析韓國北漢山地區(Mt. Baekwoonsan region)野豬的棲地利用，並以環境因子建立野豬的棲地適合度模型(habitat suitability model)，按照野豬的活動痕跡將棲地區分成三種重要程度，分析距水遠近、距步道之距離、坡度、坡向、林相(forest type)、森林年齡(forest age)等因子的相關性；結果顯示距水遠近、距步道之距離、坡向這三個因子和野豬的棲地利用顯著相關。他們以這些因子建立野豬的棲地預測模型，顯示適合當地野豬棲息的環境是面西到面西南的坡向(角度約 86.1 至 143.8 度)、距離水源 5.4 至 10.6 公尺、並且距離步道超過 310 公尺者。然而該研究樣區位於國家公園內，人為開發不多；主要的人為擾動僅來自於登山客的遊憩活動，並且集中在步道上，因此該研究中並無關於農業活動對野豬棲地利用影響的相關探討。

在臺灣，臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*)亦時常造成農田的破壞與農民的經濟損失(趙榮台與方國運，1988；王穎，2003)。由於臺灣野豬分布普遍，數量並不特別稀少，因此是臺灣少數未被列入保育類的大型哺乳動物之一。根據現行的野生動物保育法，若是為了防治野生動物造成的農林作物之危害，民眾得以將之獵捕




與宰殺。至於臺灣野豬的棲地利用與選擇，過去僅有吳幸如(1993)於玉山國家公園境內做過相關研究，她指出當地野豬在不同季節會偏好於不同海拔的地區活動，夏天傾向使用海拔較低的地區(約 300 至 700 公尺)，而冬季於海拔高度較高處(900 至 1100 公尺)痕跡出現比例較高，且偏好於背陽坡活動(吳幸如，1993)。至於臺灣淺山地區，特別是農林混用地區野豬的棲地利用尚未有相關資訊。淺山地區的自然環境與生態異於高山環境，並且相較於臺灣的高海拔地區有較多的人為活動。以基隆為例，基隆是一個三面環山、一面臨海、人口稠密的都市，而該市非都市區的森林、農田、住家交錯，地形以丘陵為主，居民在山區森林中間開墾，種植竹林以收成竹筍、開闢果園種植柚子或柑橘、或種植山藥、芋頭等作物，是當地許多農民的重要經濟來源。然而這樣的環境，是臺灣野豬與人類活動範圍高度重疊的區域，因此臺灣野豬時常進入竹林、農田中覓食，造成農作物的損失。為了減少損失，基隆的農民亦會試圖獵捕野豬，以降低野豬造成的損失(趙榮台，2018)。但農民也反映獵捕不一定成功，即便捕獲或驚擾野豬，使其短期間內不致為害，但長期的管理，仍須了解當地野豬分布的熱點，以利規劃妥適的管理措施。

本研究的目的是了解基隆市臺灣野豬的棲地選擇，會受到哪些環境因素的影響；並且進一步探討臺灣野豬的行為與環境因素之間的關聯。根據前人的研究以及訪問熟悉臺灣野豬習性的獵人，本研究篩選出以下十個環境因子進行分析：

「海拔」、「坡度」、「坡向」、「崎嶇指數」、「環境類型」、「土壤質地」、「距森林邊緣之距離」、「距開闊地邊緣之距離」、「距最近水源之距離」、「距農業活動區域之距離」。


其中海拔部分，由於基隆市地勢低處人口較為稠密，我預期基隆市的臺灣野豬可能偏好較高海拔的棲地。至於臺灣野豬對於坡度、坡向的偏好，以往研究結果並無定論。例如 Bosch et al.(2014)利用最大熵模型(Maximum entropy model)建立西班牙野豬族群的分布模式，而坡度為其中一個預測因子；而 Park and Lee



(2003)的研究顯示野豬的棲地選擇和坡度沒有顯著相關，但傾向利用坡向面西到面西南的區域。Meriggi and Sacchi (2000)的研究提及野豬於冬天會利用坡度較平緩的區域活動，但在其他季節並沒有明顯的坡度偏好。過去許多研究都是採用樣區網格內的平均坡度探討野豬的棲地利用，但平均坡度無法呈現整體地區的崎嶇程度，因此於本研究擬以點位資料探討野豬出現地點的坡度、坡向與崎嶇指數，以了解地勢起伏的程度是否與野豬利用棲地有關。

過去的研究中指出，食物資源對於野豬選擇棲地環境相當重要，例如不同的林相於不同的季節提供野豬食物來源(Meriggi and Sacchi, 2000; Santos et al., 2004; Fonseca, 2008)。本文在探討基隆市臺灣野豬的棲地利用時，將環境類型，包括可提供不同類型食物的各類農地，納入分析之中。此外，由於野豬會以鼻吻部掘土尋找土壤中的食物，例如蚯蚓等無脊椎動物；有研究指出土壤質地會影響土壤中的蚯蚓的族群數量(林俐玲等，2004)，因而可能影響野豬利用的程度。義大利的研究也顯示土壤濕潤的程度與野豬的活動痕跡數量有關，泥濘的土壤會大幅地增加觀察到野豬活動痕跡的機會(Meriggi and Sacchi 2000)。熟悉臺灣野豬習性的獵人在受訪時表示，地表土壤較堅硬、石頭較多的地面因為土壤中沒有蚯蚓，缺乏食物來源，所以臺灣野豬較不會出現在地表土壤堅硬的區域。然關於土壤質地是否會影響臺灣野豬的棲地利用，過去並未有相關的研究進行探討。

野豬的棲地利用可能會受到邊緣效應的影響，位於森林邊緣的農田，受到野豬造成的農作物損害程度通常較為嚴重。例如 Thurfjell et al.(2009)於瑞典南部以衛星定位系統追蹤野豬，證實當地的野豬傾向於森林邊緣覓食；尤其是面積較小的農田因為通常都較接近森林邊緣，故受野豬損害的狀況較為嚴重。作者推測野豬之所以偏向於森林邊緣覓食，可能是為降低來自掠食者與獵人的獵捕壓力(Thurfjell et al., 2009)。基隆市的野豬也有獵捕壓力，因此其棲地利用可能會和距森林邊緣之距離與距農田之距離有關。然基隆為農田、森林、人為設施呈現斑塊分布的環境，除了森林與農田交界處的森林邊緣之外，還有森林與其他土地利用



類型的地景所形成的邊緣環境，如水庫、建築利用土地、水利利用土地、高速公路、鐵道、草生地等。人為設施用地無法作為野豬活動的區域，而草生地、綠地等雖然可被野豬利用，但無法提供野豬良好的隱蔽性。我將這些環境定義成「開闊地」，而這些環境與森林所形成的交界稱為「距開闊地邊緣之距離」。除了農田與森林交界處的森林邊緣外，我也想探討森林與開闊地形成的森林邊緣對於野豬棲地利用的影響。

另外，許多研究結果都顯示距水源遠近對野豬選擇棲地有所影響，野豬會偏好於水源附近活動 (Park and Lee, 2003; Meriggi and Sacchi 2000; Santos et al., 2004)，若以四季分開討論，水源距離的影響又以夏季更為明顯。故本研究亦將距水遠近作為影響因子之一。

綜合以上討論，本研究的假說是，基隆市野豬的棲地利用會受到「海拔」、「坡度」、「坡向」、「崎嶇指數」、「環境類型」、「土壤質地」、「距森林邊緣之距離」、「距開闊地邊緣之距離」、「距最近水源之距離」、「距農業活動之距離」等因子的影響。根據前人的研究結果，我推測野豬會傾向活動於海拔較高、坡度較小、背陽的坡向、崎嶇指數較低、距離森林邊緣較近、距離農田較近、距水源較近、類型為混合林或農田的棲地、土壤質地為壤土或砂質壤土的地區。



## 貳、材料與方法

### 一、研究對象

臺灣野豬又被稱為山豬，屬於偶蹄目豬科、豬屬，為臺灣特有亞種哺乳動物 (Li et al., 2017)。臺灣野豬體長約 93 至 180 公分，尾長約 13 至 20 公分，廣泛分布於臺灣全島海拔 3000 公尺以下森林區域 (Taber, 1993)，也會到農耕地中覓食；在河床、溪澗、芒草叢、稜線、山坡等環境都有機會發現臺灣野豬活動的蹤跡 (趙榮台、方國運，1988)。

野豬屬於雜食性機會主義覓食者 (opportunistic forager)，但其食物以植物為主，佔比約 80% 至 90%。在歐洲，野豬的食物包括植物的嫩芽、莖部、地下部如根莖、漿果或橡實等等。除了植物之外，牠們也會取食昆蟲、蚯蚓、蝸牛、兩生類、爬蟲類、小型哺乳動物或鳥類 (Schley and Roper 2003)。臺灣野豬和歐洲的野豬食性類似，食物來源也以植物為主、動物為副；植物包括姑婆芋、野胡桃、殼斗科植物果實、樟科植物果實、五節芒筍、竹筍、甘藷、玉米、芋頭、木薯等；動物則包括蚯蚓、蛇類、家禽、昆蟲的幼蟲等 (吳幸如，1993、2009)。

野外目擊臺灣野豬的機會不多，但在其出沒地點常會發現其活動的痕跡，包括：足跡、排遺、獸徑、覓食所留下的拱痕、窩巢、在樹幹上磨蹭所留下的擦拭痕跡、氣味、聲音 (趙榮台、方國運，1988)，以及在泥坑中打滾後留下的痕跡。臺灣野豬時常穿梭於森林與草叢間，牠們會在經常使用路徑的草叢邊界留下明顯的通道，形成獸徑。在中低海拔森林地區，由於臺灣野豬的體型較其他哺乳類大，且四肢較短，造成的獸徑較寬、較低，可以與當地其他共域哺乳動物 (例如山羌 (*Muntiacus reevesi*) 與臺灣長鬃山羊 (*Naemorhedus swinhoei*)) 所使用的獸徑加以區別。



## 二、研究地區

基隆市位於臺灣北部，全市面積約為 133 平方公里。根據中央氣象局統計，素有「雨港」之稱的基隆，平均年雨量約為 3,700 毫米；當地四季皆有降雨，然東北季風會帶來較多的降雨，因此春、秋兩季更是降雨高峰期(圖 1)。基隆的年均溫約為攝氏 23 度。

基隆市的地形多為山區與丘陵，其海拔從 0 公尺至 730 公尺。根據水土保持法之定義，山坡地約占全市 94%。根據國土利用調查結果，基隆市森林面積約占全市之 66.49%，建築用地約占 11.23%，交通使用土地約占全市之 6.41%，農業使用土地面積占全市的 3.29% (基隆市政府，2015)。

基隆的林相以中低海拔森林為主，主要的植群組包括闊葉林(約占樣區面積 60.6%)、竹林及(約占樣區面積 4.91%)混和林(約占樣區面積 13.8%)。闊葉林中的植群由樟科、殼斗科、桑科榕屬等植物組成，竹林種類包括綠竹、桂竹、麻竹、箭竹等。基隆市共分為七個行政區，即中正區、信義區、仁愛區、中山區、安樂區、暖暖區與七堵區。根據內政部戶政司的統計，基隆市的總人口數約為 370,000 人。當地的農業以旱田與果園為主(約占樣區面積 3.78%)，栽植的作物包括山藥、芋頭、竹筍、文旦、白柚等。

本研究目標為探討臺灣野豬的棲地利用，因此研究區域排除基隆市較無野豬分布的人口稠密都市，而以人口密度較低的淺山地區(包括七堵區、暖暖區及少部分的安樂區與仁愛區)為主要調查範圍。七堵區是基隆市裡人口密度最低的行政區，面積約為 56 平方公里，居住人口約 5,400 人，密度約為每平方公里 955 人。暖暖區面積約為 23 平方公里，人口約 39,000 人。本研究所涵蓋之面積約 84 平方公里。基隆市西部地區的淺山森林緊鄰陽明山國家公園，可能是基隆市野豬族群的潛在庇護所(refuge)。





### 三、野外調查與資料分析

#### (一) 樣區與調查路線之選取

本研究在排除安樂、七堵、暖暖三區去除人口密集的都市地區(包括五堵市區、七堵市區、大武崙工業區)之後，將餘下的區域按照 TM 二度分帶座標系統，先分割成 24 個 2 x 2 公里(也就是每格 4 平方公里)的正方形樣區方格，排除其中 3 個人工建築物與道路比例過高或無步道經過且不易穿越之方格，共選取 21 個樣區方格，並在每一樣區方格中，選取至少一公里長的調查路線，沿線調查臺灣野豬出現的痕跡(圖 2)。

調查路線以現有的產業道路和步道為主，避開主要幹道、雙線道等寬度太寬的道路、以及聚落密集的住宅區。每個樣區方格內的調查路線盡量途經不同的土地利用環境，如森林、農業活動區域、草地及水域。因地形與步道的狀況，有些路線會穿越不只一個樣區方格，有些調查路線會形成環狀。每條調查路線，以最靠近樣區方格邊界的道路路口或步道起點為調查起點，並往樣區方格內延伸至至少一公里。

#### (二) 沿線調查與紀錄

本研究自 2018 年九月至十一月(秋季) 針對每條調查路線進行一次沿線調查。調查時，沿調查路線緩步前進，並觀察路面、道路兩側是否有野豬活動的痕跡；若路旁有小路或獸徑則會走進觀察，根據路況向內延伸調查 20 至 50 公尺不等的長度。調查時以手持式 GIS 裝置(型號為 Garmin 60 CSX)紀錄發現野豬痕跡點位的經緯度、痕跡類型、點位的各項環境資料，同時拍照記錄痕跡。本研究由熟習臺灣野豬習性的獵人協助辨識野豬活動痕跡，痕跡類型包括食痕、蹄印、拱痕、獸徑、窩巢(nest)、休息處(bedding site)。其中食痕係指臺灣野豬進食之後留下的痕跡和食物殘骸，拱痕是指臺灣野豬以鼻吻部挖掘地表後留下的痕跡，獸徑



是動物在棲地中經常沿著相同路徑時留下的通道，窩巢是指野豬所構築、育幼用的結構物，而休息處是指野豬躺臥所留下的痕跡。臺灣野豬在茂密的草地躺臥時，龐大的身軀會在草地上留下明顯的壓痕，此種痕跡即為休息處。


本研究除分析影響基隆市臺灣野豬出沒與否的環境因子外，亦分析哪些環境因子會影響野豬覓食、巢位與休息、經過通道等三類活動的地點。

### (三) 空間資料分析

本研究空間資料分析的應變數，也就是野豬出沒及三類行為活動出現與否的點位資料，是以二元資料形式(binomial)表示。其中野豬出沒與否的點位資料是以調查路線上出現食痕、排遺、蹄印、拱痕、獸徑、窩巢、休息處之中任何一種野豬活動的痕跡，便定義為有野豬出現之點位。若兩痕跡之間的距離相隔不超過 20 公尺，則視為屬於同一個點位。選取對照組點位(沒有臺灣野豬出現之點位)的方法則是沿著調查路線上每 200 公尺取一個點，並去掉半徑 200 公尺內有野豬出現的點位。

至於野豬覓食、巢位與休息處、經過通道等三類活動出現地點的分析，則是將所記錄到的痕跡區分成三類，各別進行分析。其中有食痕與拱痕的位置歸類為「覓食」相關行為的點位。「通道」是指若一個點位僅出現腳印或獸徑，而無其他種類痕跡者(表示臺灣野豬可能只經過該處，而未進行其他活動)，但若一個點位同時出現其他非腳印或獸徑的痕跡，則不納入「通道」，而視為其他行為的點位。至於「巢位」與「休息」的地點都能提供臺灣野豬較高的隱蔽性，因此將「巢位」與「休息」點位合併進行分析。「覓食」、「巢位與休息處」、「通道」三項分析，皆個別根據前述的方法分別提取作為對照組的點位，即沿著調查路線上每 200 公尺取一個點，並去掉半徑 200 公尺內有覓食行為出現的點位，作為未調查到野豬覓食行為的對照組點位，「巢位與休息處」、「通道」之分析亦同。

本研究利用政府單位調查繪製之圖資，將上述所有點位的 GPS 經緯度，透過



QGIS version 2.18.4 空間資訊系統分析軟體取得十項環境因子之數據，做為固定效應因子進行統計分析，包括：以政府開放資料平台提供之「內政部 20 公尺網格數值地形模型」計算地形相關數據，包括海拔、坡度、坡向與崎嶇指數。以中華民國內政部國土測繪中心提供之「國土利用調查成果」圖資(圖 3)，經由 QGIS 空間分析軟體確認環境類型，並計算點位距森林邊緣之距離、距開闢地之距離、距最近水源之距離、距農業活動區域之距離等；並以行政院農委會資料開放平台提供之土壤圖取得點位之土壤質地資料。

各項環境因子取得方式包括：以「20 公尺網格數值地形模型」取得每個點位的海拔高度，並用地形分析功能分別計算坡度、坡向與崎嶇指數(terrain ruggedness index)。其中，「坡向」是指點位的下坡方向，根據方向角分為東、西、南、北四個方向，以正北方為 0 度，依照順時針方向逐漸增加，順時針轉一圈為 360 度，回到正北；角度 45 度至 135 度定義為東、135 至 225 度為南、225 至 315 為西、315 至 45 度為北。「崎嶇指數」是由網格數值模型圖資中，每個 20 x 20 平方公尺的高程網格與鄰近 8 個網格的海拔高度分別相減之後取絕對值再平均所得之數值，亦即每個 3 x 3 網格內的平均高度變化。數值越高表示該地區海拔高度變化越大，亦即地勢越崎嶇不平。

「環境類型」是由「國土利用調查成果」圖資中的資料整理而得。由於國土利用調查成果中土地分類系統相當細緻，我依不同土地利用區域植被覆蓋的狀況，將所有點位的環境類型歸納為六類，包括「農業用地」、「闊葉林」、「竹林」、「混合林」、「建物周圍」、「綠地」等。其中，農業用地包含水田、旱田、果園、溫室等用地；各類林相的分類根據圖資的分類標準，定義如下：闊葉林指闊葉樹種在該地區其比例至少占 75% 以上的區域；竹林包含各類竹林，並在該地區其比例至少占 75%；混合林是指包括兩種類別以上林型所構成的森林；建物包含住宅區、殯葬設施與學校用地等；綠地則包含了公園、空地與草地等。

土壤質地部分則根據圖資內的分類，將土壤質地分成五個類別，包括「砂

質壤土」、「玢質壤土」、「壤土」、地表沒有土壤的「裸岩/崩崖」，和地表是路面或建築物的「雜地」。

本研究利用空間資料分析軟體 QGIS 分別計算、歸納每個點位的環境因子的數值或類別。「距森林邊緣之距離」、「距開闊地邊緣之距離」、「距最近水源之距離」、「距農業活動區域之距離」等因子，係利用「國土利用調查成果」圖資分析取得。此處的森林邊緣是指，在圖資中將闊葉林與混合林兩種類型的土地利用結合之後，與其他的土地利用，包括農業用地、建地及綠地，之間所形成的交界。「距農業活動區域之距離」中的農業活動區域範圍包括旱田、果園、農業設施、竹林。因竹林是基隆重要的農業活動區域，故在此納入農業活動的範圍中。「距開闊地邊緣之距離」中，則考量野豬可能對於農業用地旁的森林邊緣和非農業用地的「開闊地」森林邊緣有不同的利用趨勢，因此將闊葉林、竹林、混合林、森林裡的一般道路與溪流圖資合併。四項距離因子的圖資分別整併處理之後，再利用 QGIS 中的外掛程式「NNJoin」，分別求出的每個點位的「距森林邊緣之距離」、「距開闊地邊緣之距離」、「距最近水源之距離」、「距農業活動區域之距離」。

#### (四) 統計分析

本研究所收集與彙整的資料，利用軟體 R version 3.5.1 (R Core Team, 2018) 進行統計分析。考慮採樣方法可能受到隨機效應的影響，分析方法採用採用廣義線性混合模式 (generalized linear mixed model, GLMM) (Faraway, 2016)，探討野豬出沒與否與環境因子之間的關係，並根據不同活動分別進行分析。考慮隨機效應可能存在，本研究將調查樣線作為隨機效應因子，也就是將每一條調查樣線做為一個組別，一共分成 21 組。採用 lme4 套件進行 GLMM 的分析 (Bates et al., 2015)，並利用 MuMIn 套件計算模式的 Marginal  $R^2$  值和 Conditional  $R^2$  值 (Barto, 2019)，以了解相關因子的解釋力。Marginal  $R^2$  值用來檢定固定效應因子中的變異數對於應

變數的解釋力，而Conditional R<sup>2</sup>值則是檢定包含固定因子與隨機效應因子的變異數，對於應變數的解釋能力(Nakagawa and Schielzeth 2012)。Marginal R<sup>2</sup> 值和 Conditional R<sup>2</sup> 值介於0到1之間，其值越大表示模式的解釋力越佳。

本研究探討的十個環境因子中，「海拔」、「坡度」、「崎嶇指數」、「距森林邊緣之距離」、「距開闊地邊緣之距離」、「距最近水源之距離」、「距農業活動區域之距離」為連續變數。而距「森林邊緣」、「最近水源」、「開闊地邊緣」、「農業活動區域」等距離與「海拔」皆以公尺為單位進行分析。「坡向」、「環境類型」、「土壤質地」三者為類別變數，分別以虛擬變數處理。類別變數中的參照組分別設定如下：坡向為「向北」，環境類型為「闊葉林」，土壤質地為「坵質壤土」。



## 參、結果

### 一、野豬痕跡出現狀況

本研究的 21 條調查穿越線總長度為 34.24 公里，所發現臺灣野豬痕跡涵包括 12 處食痕、46 處拱痕、15 處腳印、36 處獸徑、2 個巢位、8 個休息處(圖 4, 5)；此外在其中 3 處點位記錄到臺灣野豬的叫聲，其中 1 處點位聞到野豬的氣味。然而因為無法藉由氣味或叫聲判別野豬當時的活動，且附近同時出現其他野豬活動的痕跡，因此不將氣味與叫聲納入分析。

調查中所發現的野豬食痕包括留有啃咬痕跡的竹筍殘骸、被挖出來啃食的竹子或樹木根部、經啃咬的姑婆芋莖與葉、掉落於地面上被啃咬的柚子與柑橘落果等；拱痕是地表土壤被野豬翻動挖掘過的痕跡，偶爾伴隨植物的根部或球莖。調查期間發現的獸徑大多出現在道路旁或森林邊緣的芒草叢與灌叢，窩巢主要位於森林、竹林中或芒草叢中，位置隱密，主要由周遭植物的枝葉所建構而成，形成一個圓拱狀的構造物，有時候會有不只一個出入口。本研究中調查到有以芒草組成的窩巢，亦有位於竹林中以樹枝和竹子做成的陳舊窩巢。而休息處大多出現在草叢中，包括芒草叢、菁芳草和其他地被植物所組成的草地等。發現痕跡的環境類型包括竹林、闊葉林、草地或芒草叢、農田、果園等。本研究中未發現臺灣野豬所留下的排遺。

由於同一個點位可能出現不止一種痕跡，為避免重複計數，綜整以上痕跡點位為 82 個有野豬活動的點位、58 處覓食(有食痕或拱痕)的點位、10 處巢位或休息處的點位。另外，在 51 處有腳印或獸徑的點位中，去除 2 處同時出現腳印與獸徑的點位，3 處同時出現有休息處的點位及 24 處同時出現覓食行為的點位，共得 22 處通道的點位。



## 二、野豬棲地利用之環境因子分析

### (一)野豬出沒之環境因子分析

本研究中有出現野豬活動的點位共有 82 處，所有點位之海拔分布介在 73.8 至 717.1 公尺之間，平均海拔為 207.6 公尺；崎嶇指數介在 0.56 與 12.12 之間，平均崎嶇指數為 6.12；坡度最小為 1.2 度，最大為 41 度，坡度平均值為 17.3 度。相較於作為代表未出現野豬痕跡之對照組點位(共 124 處)，所記錄到臺灣野豬出現的點位與四項環境因子：「與最近水源距離」、「崎嶇指數」、「坡度」、及「環境類型」等因子呈現顯著相關 ( $P < 0.05$ )，而「距森林邊緣距離」、「距開闊地距離」、「海拔」、「坡向」、「土壤質地」等因子對於野豬出沒與否的影響則未達到顯著水準(表 1)。隨機效應中的變異數(variance)不為 0，顯示隨機效應確實存在，而 marginal  $R^2$  值為 0.94，表示固定效應因子可以解釋應變數 94% 的變異，即環境因子對於野豬的出現與否的影響具有可信的解釋力。

「與最近水源之距離」對野豬之出沒的影響為正相關，表示離水源的距離越遠的地點，出現臺灣野豬痕跡的機率越高。然「距農業活動區域之距離」雖未達到顯著( $P=0.08$ )，但呈現出負相關的趨勢。「距森林邊緣距離」( $P=0.92$ )與「距開闊地邊緣距離」( $P=0.33$ )則未呈現顯著結果。

崎嶇指數對臺灣野豬出沒與否之影響呈現負相關，表示隨著崎嶇指數增加，發現臺灣野豬出沒痕跡的機會會下降。但坡度亦呈現顯著的正相關，表示在坡度 41 度以下的地區，野豬在坡度較大的地區活動的機會較高。「海拔」與「坡向」與野豬是否出沒未呈現顯著關係。「環境類型」中，「混合林」中達到顯著水準，表示相較於作為參照組的「闊葉林」而言，野豬出現在混合林的機會更大。



## (二)野豬覓食行為之環境因子分析

穿越線上出現覓食行為的點位共有 58 處，對照組點位共 142 處。10 個環境因子中，沒有任何因子對於臺灣野豬覓食行為的影響呈現顯著相關 (表 2)，也未呈現出任何趨勢。而隨機效應變異數遠大於 0，同樣反映穿越線所造成的隨機效應確實存在，但模式中的 marginal  $R^2$  值為 0.96，表示此模型因子對於應變數具有可信的解釋力。

## (三)野豬通道之環境因子分析

本研究記錄到作為通道的點位共有 22 處，對照組點位共 181 處，隨機效應變異數不為 0，顯示隨機效應仍然存在，而 marginal  $R^2$  值為 0.92，亦表示此模型因子對於應變數具有可信的解釋力。在所有環境因子中，出現野豬通道的地點與「與水源的距離」呈現顯著正相關，表示野豬較常以距水源較遠的地方作為通道。「環境類型」中，「混合林」亦達到顯著水準，表示相較於參考值闊葉林環境，臺灣野豬選擇以混合林中作為通道使用的傾向更高。

## (四)臺灣野豬巢位與休息處之環境影響因素分析

穿越線沿線記錄到的休息處與巢位點位合計 10 處，作為控制組之點位則有 187 處。模式中的 marginal  $R^2$  值為 0.99，表示整體模式具有可信的解釋力。在本分析中，隨機效應的變異數為零，表示隨機效應的影響很小或不存在。分析結果中，僅「海拔」呈現出顯著相關 ( $P=0.01$ )。海拔呈現正相關表示野豬會傾向在海拔較高的區域築巢或休息。在環境類型中，「混合林」( $P=0.07$ ) 與土壤類型「壤土」( $P=0.098$ ) 呈現些微相關的趨勢，但均未達到顯著水準。其他環境因子則和臺灣野豬的巢位與休息處沒有顯著的相關性。






## 肆、討論

過去許多野豬棲地利用的空間分析常是以網格為單位，將環境因子量化之後再進行迴歸分析(Meriggi and Sacchi, 2000; Park and Lee, 2003; Adkins and Harveston, 2007)。網格資料雖然比點位資料更能呈現棲地環境整體的狀況，但是會有樣本數較少與解釋力較差的缺點(Rettie and McLoughlin, 1999)。本研究的調查範圍約 84 平方公里，面積並不算大；若採用網格資料，無法良好的反映棲地的差異。再者，本研究希望探討在不同土地利用方式鑲嵌的環境中野豬出沒的樣貌，包括討論野豬是否偏好在各類環境類型的邊緣地帶活動。因此，需要以點位資料計算野豬出現地點距各類環境類型邊緣的距離進行比較，也因此本研究採取以點位痕跡來進行環境因子的分析，以利探討環境中特定地景元素與邊緣環境距離對於野豬棲地利用的影響。

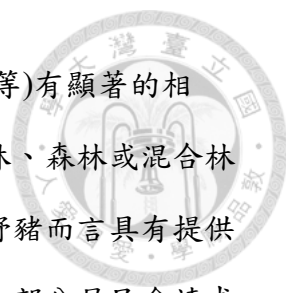
此外，本研究採取的抽樣方法屬於回顧型取樣法(Retrospective sampling)，也就是先取得臺灣野豬出現的點位之後，再選取調查路線上沒有出現痕跡的點位作為對照組。採取回顧型取樣方法而非隨機取樣的原因是因為基隆市各類土地利用方式鑲嵌複雜、地景十分破碎，加以山區地形崎嶇，隨機取樣的點位可能不易到達以進行調查。回顧型取樣法所得的資料會受到調查路線選取的隨機效應所影響，且不適於用相關資料建立棲地利用的預測模式，因此本研究將研究範圍建立網格、將人為活動頻繁的區域排除在外，以每個網格設立一條盡可能涵蓋各類土地利用類型的調查路線進行調查的方式收集資料，以期降低調查路線選取的隨機效應。結果雖顯示在「野豬出沒與否」、「覓食行為」、「通道」分析中調查路線選取的隨機效應仍然存在，但各項相關分析的 marginal  $R^2$  值大都十分高，顯示以此取樣方式取得的資料，仍足以反映各項環境因子對野豬出現地區的影響。

本研究的結果顯示，秋季基隆市臺灣野豬出沒的地點會受到諸多環境因子的影響，這些因子包括「距水源距離」、「崎嶇指數」、「海拔」、「坡度」、「棲地類型」等。由於野豬的生理特性，水源獲取的易達性對野豬來說相當重要，是影響



野豬棲地偏好的重要影響因子(Santos et al., 2004; Park and Lee, 2003; Meriggi and Sacchi 2000)，且在某些地區(例如巴塔哥尼亞)，野豬會因為雨量的變化影響環境中的食物資源，而有季節性遷徙的行為(Pescador et al., 2009)，顯示降雨量會直接或間接的影響野豬的棲地利用。然而本研究中，基隆市臺灣野豬出沒的地點距離最近水域的距離卻呈現了顯著的正相關，表示野豬可能傾向於距離水源較遠處活動。這可能是因為基隆市氣候潮濕，四季有雨；加上調查期間為秋季，正逢基隆雨量最多的季節(圖 1)，許多野豬可能會加以利用的臨時積水與地表逕流未必會顯示在空間分析的圖資中。而且在多雨的季節，水源的取得對野豬而言相對容易，因此野豬不需受限於溪流附近活動。再加上基隆市許多溪流流經之處地勢陡峭，溪岸兩側多為峭壁，高低落差大，野豬也可能不易直接下切到溪流飲水、打滾，因此較不傾向於水域附近活動，此點也符合野豬出沒與否和「崎嶇指數」呈現負相關的結果。再加上野豬出沒與否和「坡度」呈現正相關，在在顯示地形對基隆市臺灣野豬棲地利用的影響。綜合以上分析顯示，基隆市臺灣野豬傾向在比較不陡峭、地勢高低落差較小的斜坡地區活動，可能是因為基隆地形以丘陵為主，地勢平坦的地區面積較小且多被居民開墾，野豬因此展現出偏好在坡地活動的趨勢。

Meriggi and Sacchi (2000)指出，野豬選擇棲地的重要考量因素包括食物資源與環境所提供的遮蔽。Thurfjell et al. (2009)也指出瑞典南方的野豬雖然四季都會避免於農田附近活動，但是在農作物收成季節這樣的趨勢顯著的下降，表示野豬在作物收成季節比其他季節更傾向於農田活動、覓食。此外，過去也有研究指出，野豬的棲地偏好會受到邊緣效應的影響而傾向利用森林邊緣的棲地，可能是因為森林較開闊地與農田能提供野豬較多掩蔽，在森林邊緣的農田或開闊地活動，在遭遇到危險時可以快速的躲進森林中(Thurfjell et al., 2009; Honda 2008)。然而，儘管本研究進行調查期間有觀察到臺灣野豬到農田中覓食所留下來的痕跡，但在統計分析上，基隆市臺灣野豬無論是整體出沒狀況或覓食的地點並未顯現與




棲地因子(包括距森林邊緣、距農業活動區域或距開闊地的距離等)有顯著的相關。這可能是因為基隆的環境相對多元、破碎，其中農田、竹林、森林或混合林鑲嵌，且都可以提供食性廣泛的野豬食物。再者，儘管農田對野豬而言具有提供食物來源的吸引力，基隆的農民為維護農作物會進行野豬防治，部分居民會請求獵人協助或嘗試自行獵捕臺灣野豬(趙榮台，2018)。野豬在進入農田覓食時必須承受較高的風險，而被獵捕的壓力亦可能影響野豬對農業活動區域的利用，因而展現出較不明顯的棲地選擇趨勢。

類似的因素也可能影響野豬對於開闊地的利用，因為在本研究中，人為開發設施也相當零星地散佈於環境中，野豬在棲地中活動時較不容易避開邊緣，因此距開闊的距離因子也沒有顯現出對野豬棲地利用的影響。此外，有研究指出，在較破碎的環境中野豬有較高的族群豐量(abundance)，因為野豬食性廣泛、具有良好的移動能力和繁殖力等生理特性，野豬比其他的哺乳動物更不容易受到棲地破碎化和森林縮減的影響，並且更能適應、利用森林與農田交雜的地景(Virgós, 2014)，這也可能是基隆市野豬在棲地選擇上沒有呈現出避開開闊地或遠離森林邊緣活動的原因。

坡向對於一地的環境因子與動物的利用與否的影響相對複雜，例如會影響陽光輻射量的多寡、風量和雨量的差異等，進而影響地表有機物的分解、土壤化育與植物的生長等，因此不同面向的坡向通常會形成不同的植群(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。Park and Lee (2003)指出野豬的棲地利用可能會受到坡向的影響，但並未說明原因。本研究並未觀察到基隆市臺灣野豬的棲地利用與坡向之間有所關聯，其原因尚不清楚，但或許也與基隆市土地利用多元鑲嵌，各坡面都可能有多項土地利用類型的分布有關。

本研究並未觀察到土壤質地對於基隆市臺灣野豬的棲地利用有顯著的關係。只有在「巢位與休息處」的分析中，土壤質地中的「壤土」類別有呈現些微的趨勢( $P = 0.09$ )。在義大利亞平寧山脈北部地區的野豬族群，春天在土壤質地中黏土



成分較高的地區，出現痕跡的機會較高；秋天則在土壤狀態較潮溼處，發現野豬活動的痕跡機會較高(Meriggi and Sacchi 2000)，然而作者並沒有針對土壤質地影響野豬棲地偏好的原因進行探究。根據前述的研究，我原本預期土壤質地會影響土壤中的無脊椎動物相，進而對臺灣野豬的棲地偏好造成影響，但結果並不如預期，可能是因為基隆處於亞熱帶地區，食性廣泛多樣的臺灣野豬在環境中有多元的食物選擇，不僅靠挖掘土壤中的生物為食，所以野豬棲地利用與土壤質地之間沒有顯著的相關性。

關於臺灣野豬的巢位與休息處之分析，「海拔」( $P = 0.012$ )呈現了正相關；而環境類型中的「混合林」雖然未達到顯著水準( $P = 0.06$ )，但是表現出些微的正相關傾向，這表示臺灣野豬在海拔較高處選擇巢位或休息處。裴家麒(2005)在雪霸國家公園中雪見地區(海拔約 1200 公尺至 2700 公尺)的研究中顯示，野豬傾向在當地海拔相對較低的區域活動。本研究中，雖然在野豬的出沒與否的分析中，海拔對於基隆市野豬棲地利用並無顯著相關，但在巢位與休息處的分析結果顯示，野豬傾向於海拔較高的地點築巢或休息。這些巢位與休息處的位置大多分布在七堵區南邊與暖暖區，開發相對較少的山區。文獻指出，野豬傾向在有茂密植被覆蓋的區域築巢，因為可以提供較高的隱蔽性，並且在遭遇惡劣的天氣時有較好的保護性(Rosvold and Andersen, 2008)。基隆市地勢較低處人口稠密，人為干擾較大；海拔較高、接近稜線的地區相對偏僻，人為活動較少，也較不易到達，因此可以提供野豬休息或築窩較安全的條件。

本研究僅進行了一季的調查，因此未針對臺灣野豬棲地偏好之季節變化進行分析研究。但過去許多文獻指出，野豬的棲地利用會隨著季節變化而有所不同(Meriggi and Sacchi 2000；Santos et al. 2004)，不同季節裡人為干擾對野豬的影響也可能不同，例如獵捕活動等。除此之外，不同的季節中作物的成長與收成狀況有所不同，森林中的植物亦會隨著季節變化而導致提供野豬的食物量有所差異，亦可能也會影響野豬的棲地利用。因此後續研究可以再進一步針對季節差異及上

述人為因子的影響進行深入探討。





## 伍、結論

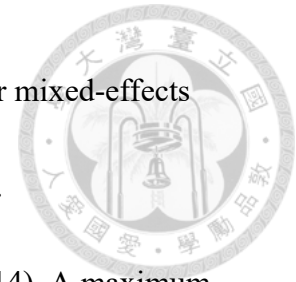
本研究利用痕跡調查、透過空間資訊系統軟體取得的環境資訊，進行廣義線性混和模型(GLMM)分析，針對基隆市秋季的臺灣野豬棲地利用進行探討。我得到以下結果：基隆市臺灣野豬出現的地點會受到「距水源距離」、「崎嶇指數」、「坡度」、「棲地類型」等因子的影響。牠們偏好於距水較遠、崎嶇指數較低、坡度略大的混合林中活動，然覓食時並未呈現出明顯的棲地偏好。牠們傾向以距水源距離較遠的混合林作為移動的通道。雖然過去許多研究指出，農田和森林邊緣對野豬選擇棲地有一定程度的影響，但在地景破碎的基隆市，臺灣野豬的出現地點並沒有與此兩項因子顯著相關。



## 陸、引用文獻

- 王穎 (2003)。台灣野豬在農地環境之食性及其被利用之現況。行政院農委會九十二年度試驗研究計畫研究報告。39 頁。
- 吳幸如 (1993)。臺灣野豬棲地利用及行為之研究。國立臺灣師範大學生物學研究所碩士論文，台北市。
- 吳幸如 (2009)。狩獵與危害防治對臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*)族群影響之探討。國立臺灣師範大學生命科學系博士論文，台北市。
- 林俐玲，何國謙，林文英 (2004)。植物覆蓋與土壤性質對於蚯蚓族群影響之探討。水土保持學報，36(4), 333-344。
- 基隆市政府 (2015)。基隆市區域計畫草案(公開展覽計畫)，基隆市。
- 趙榮台，方國運 (1988)。臺灣野豬的生物學初探。林業試驗所研究報告季刊，3(1), 352-362。
- 趙榮台 (2018)。基隆市臺灣野豬與人類衝突之研究計畫。基隆市動物保護防疫所委託之專題研究成果報告書，基隆市。91頁。
- 裴家麒 (2005)。雪霸國家公園雪見地區中大型哺乳動物和雉科鳥類之監測研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。57頁。
- 劉崇瑞，蘇鴻傑 (1983)。森林植物生態學。臺灣商務印刷館，台北市。69-71 頁。
- Adkins, R.N., Harveston, L. A. (2007). Demographic and spatial characteristics of feral hogs in the Chihuahuan Desert, Texas. *Human-Wildlife Conflicts*, 1(2), 152-160.
- Barto. K., (2019). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.6.  
<https://CRAN.R-project.org/package=MuumIn>

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.



Bosch, J., Mardones, F., Pérez, A., Torre., A.D.L, Muñoz, M. J. (2014). A maximum entropy model for predicting wild boar distribution in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12(4), 984-999.

Faraway, J. J. (2016). *Extending linear models with R*. Boca Raton, Fla: Chapman & Hall/CRC. 275-284.

Fonseca, C. (2008). Winter habitat selection by wild boar (*Sus scrofa*) in Southeastern Poland. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 361-366.

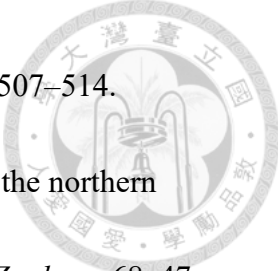
Honda, T., Sato, Y., Hayashi, Y. (2008). Habitat selection of wild boar (*Sus scrofa*) captured near the forest edge. *Mammalian Science*, 48(1), 11-16.

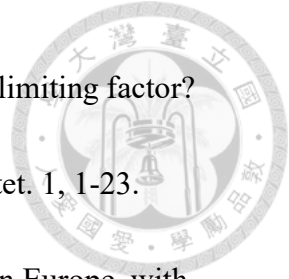
Jánoska, F., Farkas, A., Marosán, M., Fodor, J. T. (2018). Wild boar (*Sus scrofa*) home range and habitat use in two Romanian habitats. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 14(1), 51–63.

Li, K.Y., Li, K.T., Yang, C.H., Hwang, M.H., Chang, S.W., Lin, S.M., Wu, H.J., Basilio, E.B., Vega, R.S.A., Laude, R.P., Ju, Y.T. (2017). Insular East Asia pig dispersal and vicariance inferred from Asian wild boar genetic evidence. *Journal of Animal Science*. 95(4), 1451-1466.

Lombardini, M. , Meriggi, A., Fozzi, A.(2017). Factors influencing wild boar damage



- 
- to agricultural crops in Sardinia (Italy). *Current Zoology*, 63(5), 507–514.
- Meriggi, A., Sacchi, O. (2000). Habitat requirements of wild boars in the northern Apennines (N Italy) : a multi-level approach. *Italian Journal of Zoology*, 68, 47-55.
- Massei, G., Genov, P. V. (2004). The environmental impact of wild boar. *Galemys*, 16, 135-145.
- Nakagawa, S., Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 133-142.
- Oliver, W., Leus, K. (2008). *Sus scrofa*. The IUCN Red List of Threatened Species : e.T41775A10559847.
- Park, C.R., Lee, W.S. (2003). Development of a GIS-based habitat suitability model for wild boar (*Sus scrofa*) in the Mt. Baewoonsan region, Korea. *Mammal Study*, 28, 17-21.
- Pescador, M., Sanguinetti, J., Pastore, H., Peris, S. (2009). Expansion of the introduced wild boar (*Sus scrofa*) in the Andean region, Arrentinean Patagonia. *Galemys*, 21, 121-132.
- Rettie, W. J., McLoughlin, P. D. (1999). Overcoming radio telemetry bias in habitat selection studies. *Canadian Journal of Zoology*, 77, 1175-1184.



- Rosvold, J., Andersen, R. (2008). Wild boar in Norway- is climate a limiting factor?  
*Zoologisk rapport*, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. 1, 1-23.
- Schley, L., Roper, T.J. (2003). Diet of wild boar *Sus scrofa* in western Europe, with particular reference to consumption of agricultural crops. *Mammal Review*, 33(1), 43–56.
- Santos, P., Mexia-de-Almeida L., Petrucci-Fonseca F. (2004). Habitat selection by Wild Boar (*Sus scrofa*), L. in Alentejo, Portugal. *Galemys*, 16, 167–184.
- Spitz, F., Janeau, G. (1995). Daily selection of habitat in wild boar, *Sus scrofa*(L.). *Journal of Zoology*, 237:423-434.
- Taber, R.D. (1993). The mammals of Taiwan: An introduction to their Biology and Conservation. *Pacific Cultural Foundation Subsidy*: SC6115.
- Taylor, R. B., Hellgren, E. C., Gabor, T. M., Lise, L. M. (1998). Reproduction of feral pigs in southern Texas. *Journal of Mammalogy*, 79(4), 1325-1331.
- Thurfjell, H., Ball, J. P., Åhlén, P.A., Kornacher, P., Dettki, H., Sjöberg, K. (2009). Habitat use and spatial patterns of wild boar *Sus scrofa* (L.): agricultural Fields and edges. *European Journal of Wildlife Research*, 55, 517-523.
- Tsachalasis, E.P. (2008). Reintroduction and hunting harvest of the wild boar (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) (Mammalia, Suidae) in the Peloponnesus, southern Greece. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 10, 215-219.

Virgós, E. (2011). Factors affecting wild boar (*Sus scrofa*) occurrence in highly fragmented Mediterranean landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 80, 430–435.



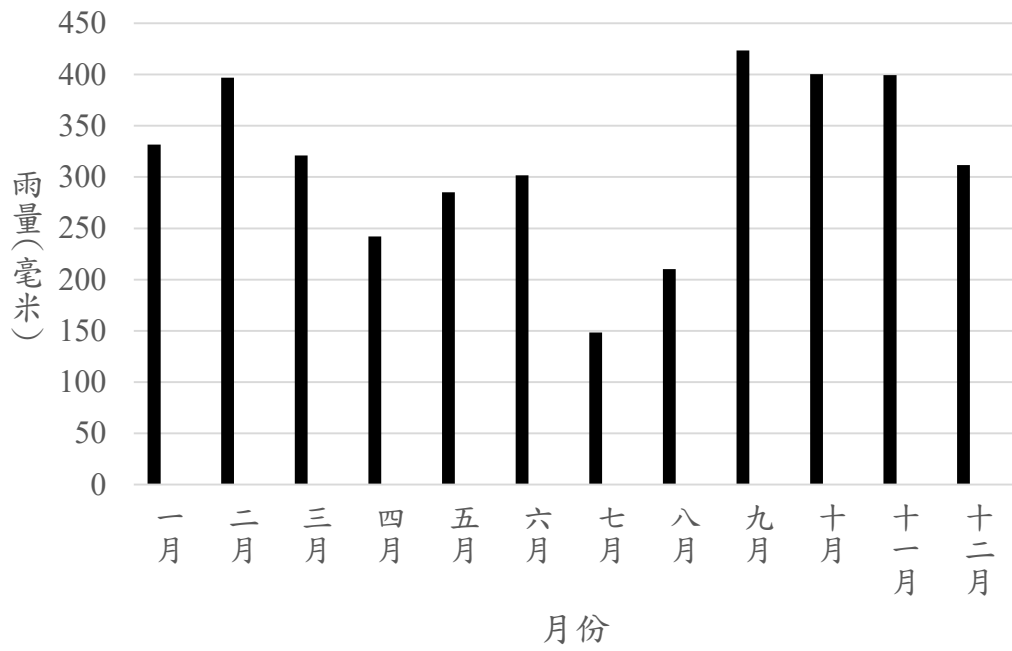


圖 1 中央氣象局統計之基隆市 1981 至 2010 年間每月平均雨量圖。

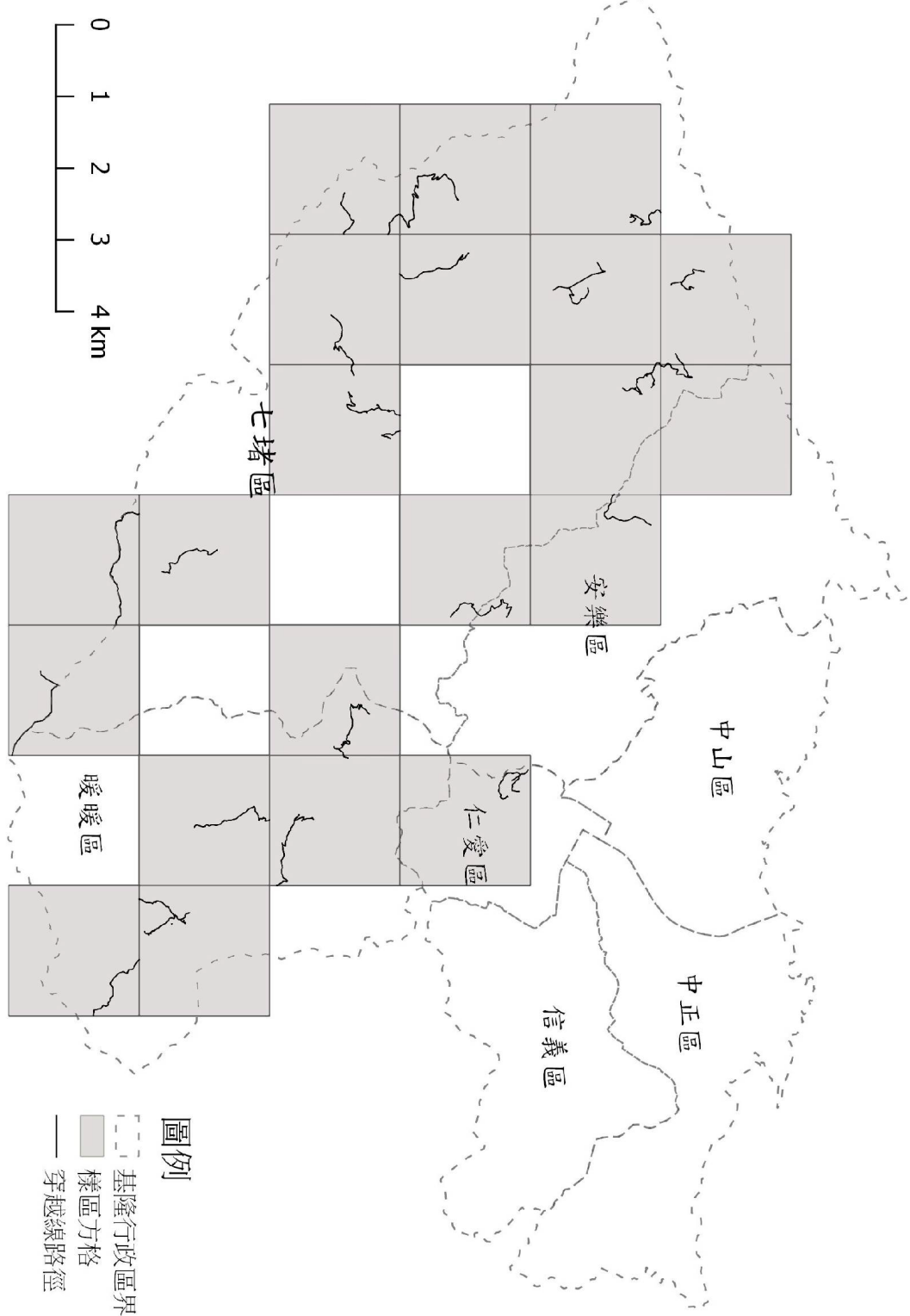
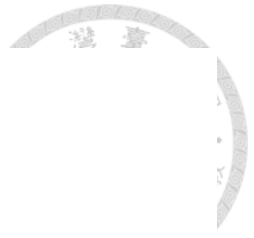


圖 2 基隆行政區界、樣區方格與調查路線位置。

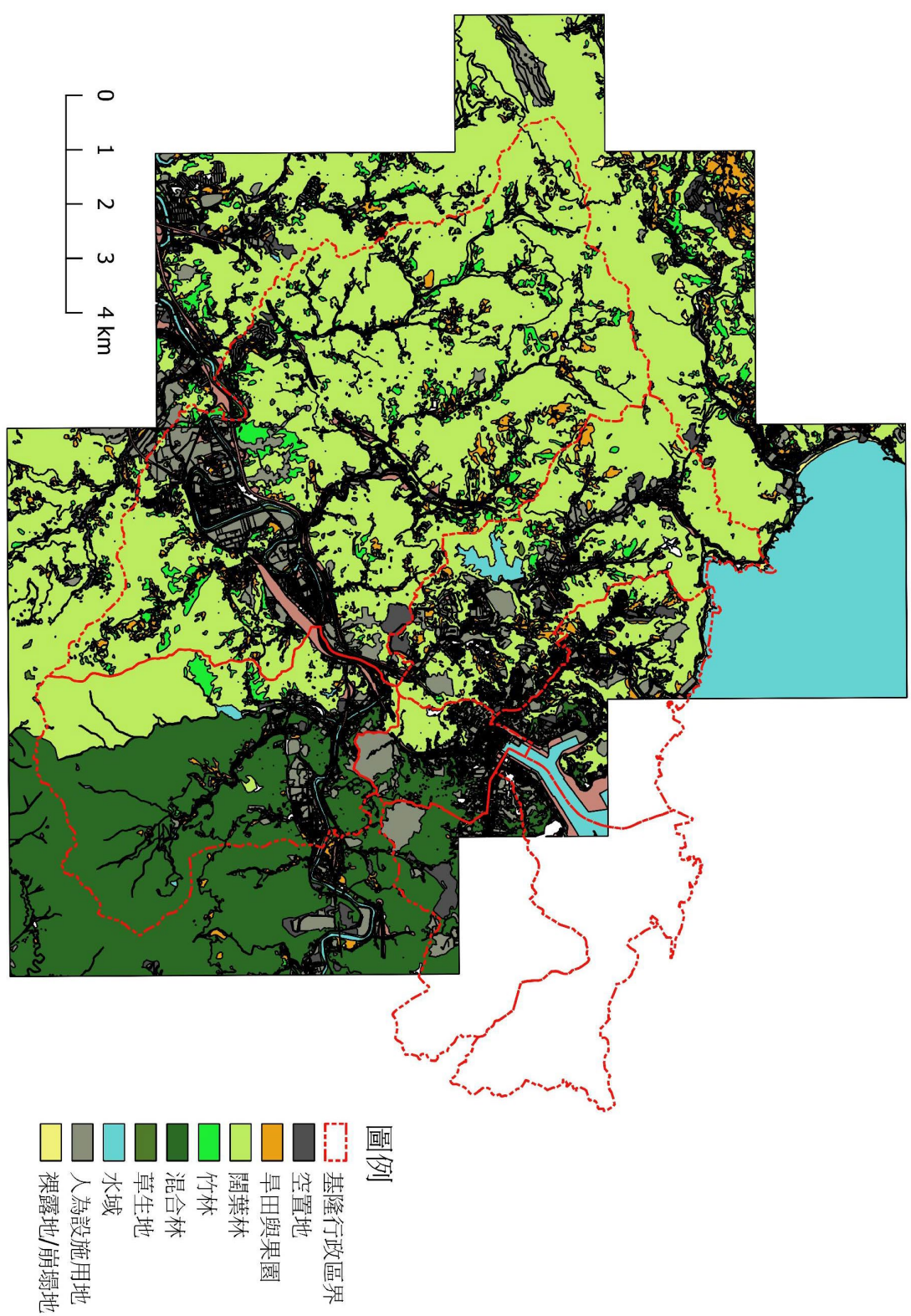


圖 3 基隆市局部土地利用調查成果圖資(資料來源：中華民國內政部國土測繪中心)。

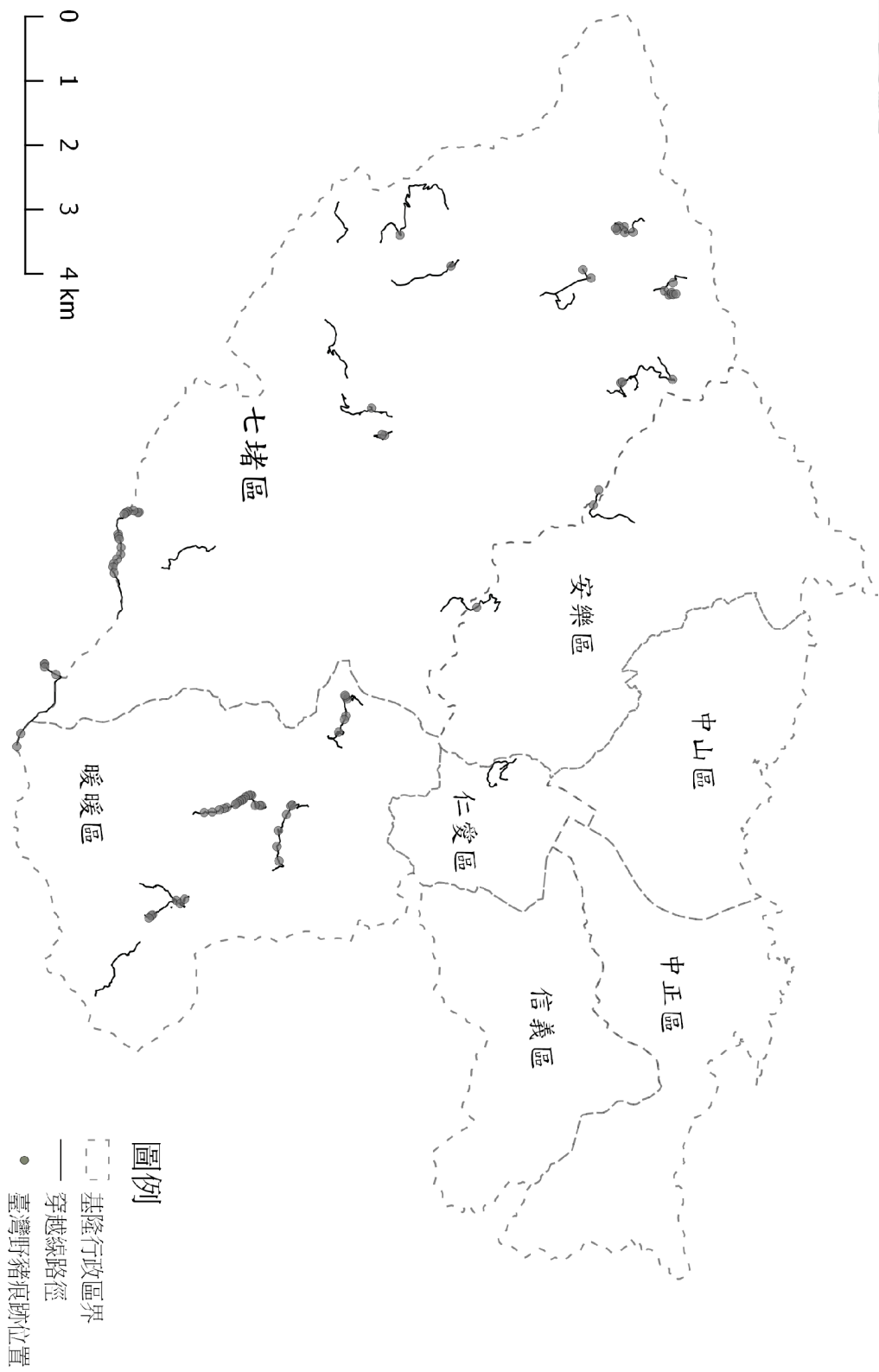


圖 4 本研究的調查路線與所發現野豬痕跡的位置。





圖 5-1



圖 5-2



圖 5-3



圖 5-4



圖 5-5



圖 5-6

圖 5 臺灣野豬活動後留下的痕跡。圖 5-1、圖 5-2、圖 5-3 為野豬的食痕；圖 5-4 為拱痕；圖 5-5 為獸徑；圖 5-6 為腳印。





表 1 基隆市臺灣野豬出沒與否的環境因子之廣義線性混合模型分析結果。(n=82, controls=124; Random effects variance=2.579; marginal R<sup>2</sup>=0.94, conditional R<sup>2</sup>=0.97)

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z )
(Intercept)	-2.51	1.107	-2.268	0.0233 *
距森林邊緣距離	0.0005906	0.0058	0.102	0.9189
距開闊地邊緣距離	-0.001981	0.002031	-0.976	0.3292
距最近水源的距離	0.005742	0.002416	2.377	0.0174 *
距農業活動區域距離	-0.005922	0.00341	-1.736	0.0825 .
崎嶇指數	-0.4164	0.19	-2.191	0.0284 *
海拔	0.003485	0.004326	0.806	0.4204
坡度	0.1617	0.05964	2.712	0.0067 **
坡向：向東	-0.3908	0.6877	-0.568	0.5699
坡向：向南	-0.4692	0.6187	-0.758	0.4482
坡向：向西	22.85	5340	0.004	0.9966
環境類型：農業用地	1.114	0.9507	1.172	0.2411
環境類型：竹林	19.58	4965	0.004	0.9969
環境類型：混合林	2.382	1.053	2.263	0.0236 *
環境類型：建物周圍	-3.268	272000	0.000	1.000
環境類型：綠地	-0.04323	3.237	-0.013	0.9893
土壤質地：雜地	-21.45	19060	-0.001	0.9991
土壤質地：砂質壤土	-0.6278	0.8224	-0.763	0.4453
土壤質地：裸岩與崩崖	-18.58	10750	-0.002	0.9986
土壤質地：壤土	0.334	0.7152	0.467	0.6405

表 2 基隆市臺灣野豬覓食行為環境因子之廣義線性混合模型分析結果。(n=58, controls=142; Random effects variance= 12.08; marginal R<sup>2</sup>=0.96, conditional R<sup>2</sup>=0.99)

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z )
(Intercept)	-4.85	1.816	-2.671	0.00756 **
距森林邊緣距離	-0.007835	0.008402	-0.933	0.35107
距開闊地邊緣距離	0.002072	0.003955	0.524	0.60041
距最近水源的距離	0.005547	0.003664	1.514	0.1301
距農業活動區域距離	0.002288	0.00492	0.465	0.6419
崎嶇指數	-0.09441	0.3009	-0.314	0.75371
海拔	0.001558	0.007151	0.218	0.8275
坡度	0.09965	0.09391	1.061	0.28862
坡向：向東	-0.5761	0.9988	-0.577	0.56405
坡向：向南	-0.9123	0.9296	-0.981	0.32644
坡向：向西	40.41	398100	0.000	0.99992
環境類型：農業用地	0.3827	1.101	0.348	0.7282
環境類型：竹林	3.282	2.132	1.54	0.12366
環境類型：混合林	-39.85	12930000	0.000	1.0000
環境類型：建物周圍	-17.65	3725000	0.000	1.0000
環境類型：綠地	-28.27	398100	0.000	0.99994
土壤質地：雜地	-11.39	483.1	-0.024	0.9812
土壤質地：砂質壤土	0.7884	1.231	0.64	0.52187
土壤質地：裸岩與崩崖	-14.25	8742	-0.002	0.9987
土壤質地：壤土	1.025	1.226	0.836	0.40328

表 3 基隆市臺灣野豬作為通道的環境因子之廣義線性混合模型分析結果。(n=22, controls=181; random effects variance=3.712; marginal R<sup>2</sup>= 0.92, conditional R<sup>2</sup>=0.96)

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z )
(Intercept)	-2.829	1.763	-1.605	0.10856
距森林邊緣距離	-0.007473	0.01152	-0.649	0.51645
距開闊地邊緣距離	-0.006992	0.006242	-1.120	0.26271
距最近水源的距離	0.01671	0.005578	2.995	0.00274 **
距農業活動區域距離	-0.002687	0.006106	-0.440	0.65985
崎嶇指數	-0.8236	0.593	-1.389	0.16485
海拔	-0.01321	0.008738	-1.512	0.13064
坡度	0.1699	0.1662	1.022	0.30682
坡向：向東	0.2084	1.159	0.180	0.85732
坡向：向南	0.6467	1.139	0.568	0.57027
坡向：向西	24.99	28720	0.001	0.99931
環境類型：農業用地	-19.8	71730	0.000	0.99978
環境類型：竹林	4.941	3.327	1.485	0.13755
環境類型：混合林	3.825	1.546	2.475	0.01332 *
環境類型：建物周圍	-2.523	280300	0.000	0.99999
環境類型：綠地	-17.42	17670	-0.001	0.99921
土壤質地：雜地	-22.36	63160	0.000	0.99972
土壤質地：砂質壤土	-1.85	1.661	-1.114	0.26523
土壤質地：裸岩與崩崖	-15.07	102200	0.000	0.99988
土壤質地：壤土	0.8056	1.232	0.654	0.51325

表 4 基隆市臺灣野豬作為巢位或休息處的環境因子之廣義線性混合模型分析結果。(n=10, controls=187; random effects variance=0; marginal R<sup>2</sup>= 0.99, conditional R<sup>2</sup>=0.99)

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z )
(Intercept)	-8.117	2.656	-3.056	0.00224 **
距森林邊緣距離	0.001713	0.00867	0.198	0.84337
距開闊地邊緣距離	-0.000828	0.003831	-0.216	0.82888
距最近水源的距離	-0.0006977	0.004413	-0.158	0.87437
距農業活動區域距離	-0.005028	0.004479	-1.123	0.26161
崎嶇指數	-0.3832	0.4036	-0.949	0.34241
海拔	0.01405	0.005596	2.511	0.01204 *
坡度	0.1509	0.1157	1.304	0.19229
坡向：向東	-1.028	1.922	-0.535	0.59286
坡向：向南	0.1008	1.427	0.071	0.94371
坡向：向西	151.2	47940000	0.000	1.0000
環境類型：農業用地	-55.12	22450000	0.000	1.0000
環境類型：竹林	109.3	47450000	0.000	1.0000
環境類型：混合林	3.455	1.881	1.837	0.06627 .
環境類型：建物周圍	-69.15	28720000	0.000	1.0000
環境類型：綠地	-120.8	30330000	0.000	1.0000
土壤質地：雜地	-34.62	17220000	0.000	1.0000
土壤質地：砂質壤土	-49.15	13610000	0.000	1.0000
土壤質地：裸岩與崩崖	-67.92	67110000	0.000	1.0000
土壤質地：壤土	2.371	1.437	1.651	0.09881