

研究報告

惠蓀森林遊樂區周邊道路路殺調查

何珍儀¹ 蘇愉婷¹ 陳相伶^{1*}

【摘要】線性基礎設施 (道路、鐵路和管線) 所導致的棲地破壞及零碎化威脅了生物多樣性的存續。道路與車流阻礙動物的移動並限制其空間利用，造成動物因車輛撞擊而死亡，也就是所謂的路殺 (road kill)，其對於野生動物所造成的傷害與影響不容忽視。本研究調查惠蓀森林遊樂區周邊道路的路殺物種與頻度，分析季節差異，並比較步行和騎車調查的路殺偵測率。本研究共調查三個路段，分別為投80鄉道上惠蓀森林遊樂區收費站前後各3 km及附近黃肉溪旁的產業道路。2019年3月至11月共調查27次，每次同時步行和騎車調查並記錄路殺物種與數量。本研究共記錄289筆路殺，其中兩棲綱佔 70.6%，爬蟲綱佔 27.7%。在鑑定到種的155筆路殺中，數量最多的前三物種為拉都希氏赤蛙 (*Hylarana latouchii*, 65筆)、澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*, 14筆) 及斯文豪氏攀蜥 (*Japalura swinhonis*, 13筆)。研究發現兩棲綱在春季路殺較多，可能與其繁殖週期有關。三個樣區中以黃肉溪路殺數量最多，佔路殺總數76.4%。各路段步行調查的偵測率皆高於騎車調查。儘管這三個路段皆無記錄到瀕危物種的路殺，但只要存在路殺就會對物種形成威脅，建議可在投80鄉道及黃肉溪旁產業道路架設警示牌，以提醒用路人減速慢行，並透過惠蓀森林遊樂區與新生村社區內的宣導，以期減緩此路段路殺狀況。

【關鍵字】兩棲類、爬蟲類、道路致死、道路生態、季節性差異。

1. 國立中興大學森林學系。

Department of Forestry, National Chung Hsing University.

* 通訊作者。40227台中市南區興大路145號。

Corresponding author. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 40227, Taiwan.

Tel: +886-4-2284-0345 ext. 153. Email: hsiangling@dragon.nchu.edu.tw

Research paper

Survey of roadkill at the surrounding areas of Hui-Sun Forest Recreation Area

Zhen-Yi He¹ Yu-Ting Su¹ Hsiang-Ling Chen^{1*}

【Abstract】 Habitat destruction and fragmentation caused by linear infrastructures (roads, railways, pipelines) threatened persistence of biodiversity. Roads and vehicles impede animal movements and restrict the space use, and cause animal mortality due to animal-vehicle collisions, i.e. road kill. Road kill is one of the most significant impacts of roads on wildlife. In the study, we investigated species and number of road kills across different seasons at rural roads near Huisun Forest Recreation Area, Taichung, Taiwan. We surveyed road kills by walking and scooters at the same time, and compared the detection probability by the two methods. From March to September in 2019, we conducted 27 surveys at three 3 km-road sections, including the road sections before and after the toll booth of the recreation area, and a rural road near Huangrouxi. We recorded 289 road kills, dominated by amphibians (70.6%), followed by reptiles (27.7%). Among 151 road kills that identified to species, the most common three species were *Hylarana latouchii* (65 road kills), *Fejervarya limnocharis* (14 road kills), and *Japalura swinhonis* (13 road kills). Number of amphibian road kills were higher in spring, which was coincident with the breeding season. Most of road kills (76.4%) occurred at the rural road near Huangrouxi. Overall, detection probability of road kills was higher by walking than riding scooters. Although we did not detect road kill of threatened species, road kills may still pose a threat to wildlife. We suggest to install warning signs along the roads, and communicate with the recreation area and local villages to decrease probability of road kills.

【Key words】 amphibians; reptiles; road mortality; road ecology; seasonal variation.

一、前言

道路密度的提升，使各區域往來更加便利，然而高度密集且頻繁的交通運輸網絡，使環境產生了劇變，建設導致棲地破碎化、屏障效應，噪音、震動與光害對動物的干擾，甚至是道路致死 (Spellerberg 2002; 劉威廷等 2019)。道路致死 (roadkill) 又稱路死或路殺，指因車輛撞擊而死亡的動物，也可指動物遭車輛撞擊死亡的交通事故 (沈恕忻 2012; 劉威廷等 2019)。根據交通部統計，在2017年底道路密度達 $1,200 \text{ m/km}^2$ ，而臺灣中小型道路分布廣，如鄉道、產業道路等次要道路，且多為平面道路，和許多物種生活空間重疊，但興建時卻多未考慮到生態保育，也少有減緩路殺之相關措施，相較於高速公路或快速道路，中小型道路的路殺會對生態帶來更大衝擊 (林世強 2009)；然而現今路殺研究多著重於車流量較高之國道、省道 (劉小如 2008; 謝尚晉 2013; 劉威廷等 2019)，對於鄉道與產業道路的路殺狀況較缺乏系統性的調查。

惠蓀森林遊樂區的開發，吸引民眾前往遊玩，增加了當地的車輛往來，2018年遊客量達16萬人次 (觀光局 2019)，在投80鄉道的車流量不容小覷，卻缺乏系統性的路殺調查，僅由民眾偶然發現回報給臺灣野生動物路死觀察網。自2001年至2019年，共記錄到30筆，紀錄物種多為爬蟲綱 (佔47.9%，15筆)，其次為哺乳綱 (佔25%，8筆) (台灣動物路死觀察網 2019)。本研究針對惠蓀森林遊樂區所在的鄉道與附近產業道路進行調查，以了解路殺物種與頻度，並分析其季節差異。此外，前人調查路殺時大多步行或騎乘機車，多數人認為步行調查到的路殺數量會多於騎車，且準確度較高 (Santos et al. 2011)，然而也有學者認為其實差異不大 (Guinard et al. 2012)，因此欲藉由騎車在前步行在後的調查方式，比較路殺偵測率是否不同。

二、材料與方法

(一) 調查區域

本研究一共調查三個路段，每段路長皆為3 km，分別為投80鄉道惠蓀森林遊樂區收費站前後之路段 (樣線名稱：收費站前3 km、收費站後3 km) 及黃肉溪旁的產業道路 (樣線名稱：黃肉溪) (圖1)。收費站前3 km平均路寬為 $7.23 \pm 1.80 \text{ m}$ (最大值：9.43 m，最小值：3.62 m) 為新生村之主要路段，且為前往惠蓀森林遊樂區必經路段，來往車次多；收費站後3 km平均路寬為 $6.72 \pm 2.03 \text{ m}$ (最大值：9.81 m，最小值：4.08 m)，該路段多是遊客使用，有尖峰和離峰時段之差異；黃肉溪旁之產業道路平均路寬為 $4.01 \pm 0.73 \text{ m}$ (最大值：4.95 m，最小值：2.87 m)，沿路有三個露營區及多處農耕地，行經車輛多為觀光客或農用之貨車。

(二) 車流量計算

本研究自2019年3月至11月記錄調查路段之車流量，由於設備不足，分別採用不同方式進行測量。收費站前3 km架設TRAFx Vehicle Counter車流計數器，是透過磁力計 (magnetometer) 感應亞鐵金屬的移動 (如車輛的輪框)，其可感應距離為6 m，因此雙向車流量皆可紀錄到，是較為準確之測量工具；收費站後3 km是與收費站取得繳付停車費之數據資料，以了解約有多少車流量。由於未繳停車費的車輛計算不到，且進入園區後若多次在路上行駛也無從計算，故此計算方法較不準確，可能低估實際情況；黃肉溪路段則是架設Browning Spec Ops Advantage 紅外線照相機，是透過被動式紅外線感應器，感應經過之車輛而拍攝。其缺點是若車速太快，可能導致畫面來不及拍攝而有空拍的情形，且由於進入畫面之物體溫度高於環境溫度時就會拍照記錄，因此常會記錄到貓狗與人等非目標項目，在後續整理照片時須花較長的時間。收費站後3 km的車流量的部分，由於是來自收費站提供之停車費繳付筆數，僅計算進入園區那一次因此車流量低估許多。假設車輛僅在園區內行駛進出一次，且未在園區內駕駛，故將所得車流量乘以兩倍作為估算，各路段所推估車流量分別為：



圖1. 惠蓀森林遊樂區周邊路殺調查路段起點及終點位置圖。

Figure 1. Location map of the starting point and end point of the roadkill survey section around Hui-Sun Forest Recreation Area.

收費站前3 km 路段 (566輛/日)、收費站後3 km 路段 (156輛/日)、黃肉溪路段 (70輛/日)。

(三) 調查方法

本研究自2019年3月至11月共調查27次，因時間與人力上的關係無法每日進行調查，因而採用一個月隨機三次的調查頻率，其中兩天相連。由於前一天已將調查到的路殺移至路旁，因此第二天調查可獲得新的一天中的路殺數量；調查以右側車道為主，時間為上午9點至下午4點，每路段皆採用機車與步行方式調查，騎乘機車調查時速需低於20 km/h，且機車者調查完成後之路段步行者才開始調查，步行者平均約花費一個半小時。遇到路殺個體時會拍攝照片及使用Garmin全球衛星定位系統 (global positioning system, GPS) 定位，最後將路殺個體移至路旁，以免下次調查重複計算。

本研究調查物種以脊椎動物為主，部分個體可能因距離死亡時間過長或已支離破碎而難以辨識，僅能鑑定到目或科的分類階層。

(四) 分析方法

本研究使用卡方檢定 (chi-square test) 比較各路段的路殺數量於不同季節是否有顯著差異。為比較步行與騎車調查的路殺偵測率，將步行或騎車調查數量除以一天總路殺數量以代表偵測率，使用t檢定比較兩者偵測率是否有顯著差異。

三、結果

(一) 路殺物種與季節差異

本研究共紀錄到289筆路殺 (表1)，路殺物種以一般類為主，僅有臺灣黑眉錦蛇 (*Orthriophis taeniurus friesei*) 屬於保育類，而大多數物種僅鑑定到目層級。佔總路殺數比例最高的是兩棲綱 (70.6%，204筆) (圖2)，其中有99筆未鑑定到種層級，在這當中的36筆為無尾目 (Anura)，其餘包含赤蛙科 (Ranidae) 58筆及蟾蜍科 (Bufonidae) 4筆，樹蛙科 (Rhacophoridae) 1筆，有鑑定到種的有105筆，以拉都希氏赤蛙 (*Hylarana latouchii*) 數量最多，共65筆，後依序

表1. 惠蓀森林遊樂區周邊路殺物種名錄表 (2019 年3~11月)。

Table 1. Species list of roadkill in Hui-Sun Forest Recreation Area (2019/3~11).

綱	目 (亞目)	科	屬	物種中文名	路段 ^a					
					前 3 km	後 3 km	黃肉溪	總數		
兩棲綱	無尾目	蟾蜍科	蟾蜍屬	盤古蟾蜍 (<i>Bufo bankorensis</i>)	2		10	12		
				黑眶蟾蜍 (<i>Duttaphrynus melanostictus</i>)	1		1	2		
			未知	1		3	4			
		樹蛙科	溪樹蛙屬	褐樹蛙 (<i>Buergeria robusta</i>)			5	5		
				莫氏樹蛙 (<i>Rhacophorus moltrechti</i>)		2		2		
			樹蛙屬	斑腿樹蛙 (<i>Polypedates megacephalus</i>)			1	1		
				面天樹蛙 (<i>Kurixalus idiootocus</i>)			2	2		
			未知	1			1			
			赤蛙科	水蛙屬	拉都希氏赤蛙 (<i>Hylarana latouchii</i>)	4	5	56	65	
		臭蛙屬		斯文豪氏赤蛙 (<i>Odorrana swinhoana</i>)	1		1	2		
		未知				15	43	58		
		叉舌蛙科	陸蛙屬	澤蛙 (<i>Fejervarya limnocharis</i>)		1	13	14		
			未知		1	1	34	36		
		爬蟲綱	有鱗目	黃頷蛇科	青蛇屬	青蛇 (<i>Cyclophiops major</i>)		2	1	3
					林蛇屬	大頭蛇 (<i>Boiga kraepelini</i>)	1	1		2
鼠蛇屬	細紋南蛇 (<i>Ptyas korros</i>)				1			1		
鈍頭蛇屬	臺灣鈍頭蛇 (<i>Pareas formosensis</i>)						4	4		
白環蛇屬	白梅花蛇 (<i>Lycodonruhstrati ruhstrati</i>)						2	2		
紫沙蛇屬	紅斑蛇 (<i>Dinodon rufozonatum</i>)					1		1		
黑眉錦蛇屬	茶斑蛇 (<i>Psammodynastes pulverulentus</i>)				1	1	3	5		
未知	臺灣黑眉錦蛇 (<i>Orthriophistaeniurus friesei</i>)					1		1		
未知							1	1		

綱	目 (亞目)	科	屬	物種中文名	路段 ^a			總數	
					前 3 km	後 3 km	黃肉溪		
爬 蟲 綱	有 鱗 目	蝙蝠蛇科	環蛇屬	雨傘節 (<i>Bungarus multicinctus</i>)		1	2	3	
		蝮蛇科	原矛頭蝮屬	龜殼花 (<i>Protobothrops mucrosquamatus</i>)			2	2	
		飛蜥科	龍蜥屬	斯文豪氏攀蜥 (<i>Japalura swinhonis</i>)		3	10	13	
				未知		1		1	
		正蜥科	草蜥屬	古氏草蜥 (<i>Takydromus kuehnei</i>)		1	1	2	
				未知		1	1	2	
			蜓蜥屬	印度蜓蜥 (<i>Sphenomorphus indicus</i>)		3	1	4	
		石龍子科	石龍子屬	麗紋石龍子 (<i>Plestiodon elegans</i>)	1			1	
			未知			1	1	2	
		壁虎科	壁虎屬	鉛山壁虎 (<i>Gekko hokouensis</i>)		2		2	
			未知			3	5	8	
		蜥蜴 亞目	未知			1	1	3	5
		蛇亞 目	未知			1	1	5	7
		未知				2		6	8
		哺 乳 綱	翼手 目	葉鼻蝠科	葉鼻蝠屬	臺灣葉鼻蝠 (<i>Hipposideros armigerterasensis</i>)		1	
齧齒 目	松鼠科		麗松鼠屬	赤腹松鼠 (<i>Callosciurus erythraeus</i>)	1			1	
食蟲 目	未知				1	1		2	
未知						1		1	

a: 前3 km為投80鄉道惠蓀森林遊樂區收費站前3 km之路段、後3 km為投80鄉道惠蓀森林遊樂區收費站後3 km之路段、黃肉溪則為黃肉溪旁的產業道路。

為澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*) 14筆、盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*) 12筆；爬蟲綱則佔27.7% (80筆) (圖2)，這之中有32筆未鑑定到種，其中8筆僅辨別出為爬蟲綱，5筆辨別到蜥蜴亞目 (Lacertilia)，5筆辨別到蛇亞目 (Serpentes)，剩餘則有壁虎科 (Gekkonidae) 8筆，石龍子科 (Scincidae) 2筆，黃額蛇科 (Colubridae) 1筆，以及草蜥屬 (*Takydromus*) 2筆，龍蜥屬 (*Diploderma*) 1筆，有鑑定到種的有48筆，以斯文豪氏攀蜥 (*Japalura swinhonis*) 13筆最多，其次是茶斑蛇 (*Psammodynastes pulverulentus*) 5筆，臺灣鈍頭蛇 (*Pareas formosensis*)、印度蜓蜥 (*Sphenomorphus indicus*) 各為4筆；最後

哺乳綱有5筆，其中僅鑑定到目的有齧齒目 (Rodentia) 2筆、食蟲目 (Insectivora) 1筆，有鑑定到種的則是臺灣葉鼻蝠 (*Hipposideros armiger terasensis*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*) 各1筆。在有鑑定到種的155筆路殺中，數量最多的前三物種為拉都希氏赤蛙 (65筆)、澤蛙 (14筆) 及斯文豪氏攀蜥 (13筆)。

三路段中黃肉溪路段於各季節路殺數量皆高於其他路段，除了夏天收費站前3 km路殺量大於收費站後3 km之外，春天與秋天皆是收費站後3 km路殺筆數較多 (圖2)。兩棲與爬蟲類於不同季節的路殺數量在收費站前3 km ($\chi_1^2=1.011, p=0.603$)與黃肉溪 ($\chi_1^2=0.145, p=0.930$) 路段無顯著差異，而收費站後3 km有顯著差異 ($\chi_1^2=14.511, p=0.001<0.05$)。路殺種類方面，整體而言兩棲綱在春天 (3~5月) 時的路殺數量較其他月份為多，爬蟲綱則是在4跟9月的路殺較多，而在7、8月不管是兩棲和爬蟲綱，其路殺數量皆異常的少 (圖3)。

(二) 步行與騎車調查的偵測率

在每次的調查中，不管是在哪一路段，步行調查的偵測率皆大於或等於騎車調查，因此將不同路段的樣本整合，比較步行和騎車偵測率的平均值是否有差異T檢定結果顯示 $t(52) = 5.08, p < 0.001$ ，達顯著水準，表示步行和騎車偵測率有顯著差異，步行偵測率 (Mean = 0.68) 大於騎車的偵測率 (Mean = 0.32)。

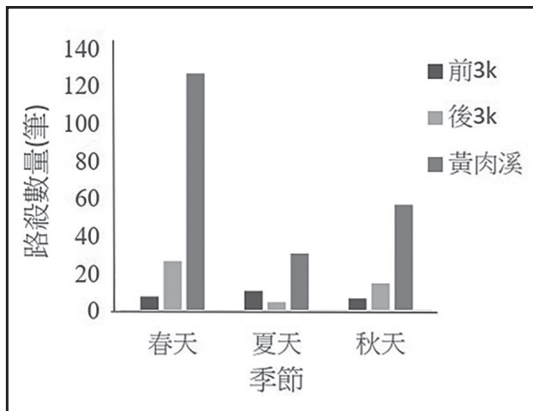


圖 2. 惠蓀森林遊樂區周邊路段不同季節路殺數量。
Figure 2. Numbers of roadkill in different seasons in Hui-Sun Forest Recreation Area.

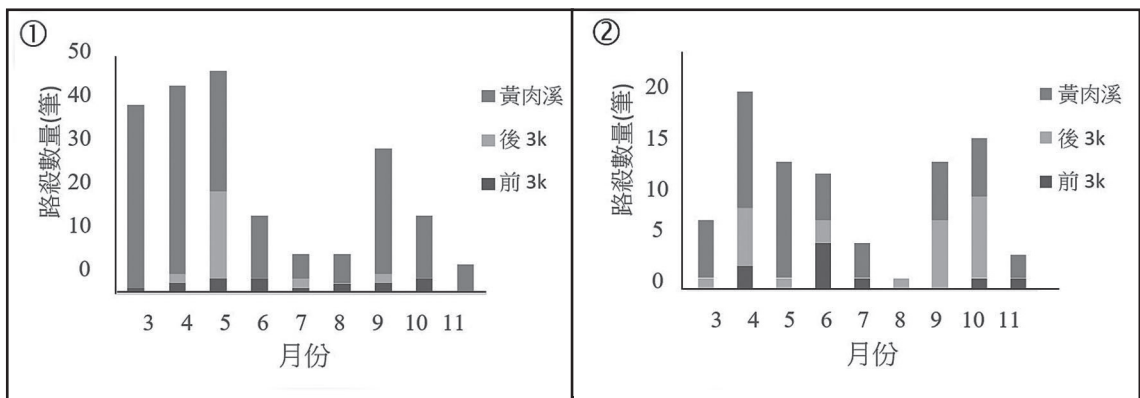


圖3. 兩棲綱及爬蟲綱在各路段不同月份路殺數圖。①兩棲綱②爬蟲綱。
Figure 3. Numbers of amphibian and reptilian roadkill per month. ①Amphibians. ②Reptilians.

四、討論

(一) 路殺物種與季節差異

道路造成動物族群數量的死亡率，其依物種的特性不同，而有不同程度影響之差異，通常遷移頻率高、行動緩慢及族群數量較低的物種受車輛之衝擊相對較大 (Gibbs & Shriver 2002)。由於接近半數路殺物種未鑑定到種階級，且已鑑定到種的物種種類繁多，因此僅對綱進行討論；在台灣許多調查或研究中顯示兩棲類與爬行類動物是道路發生車禍致死的主要物種 (林德恩 2006；劉小如 2008)，本研究結果也顯示，惠蓀森林遊樂區周遭路段的路殺物種以兩棲綱及爬蟲綱所佔較多且有季節性差異。收費站後3 km路段在春天時兩棲類路殺量較多，在秋天的時候則是爬蟲類路殺佔多數。兩棲類是脊椎動物種最容易發生路殺的種類，路殺對其族群數量和生存能力有重大影響 (Sillero et al. 2019；Matos et al. 2012)，由於兩棲類喜好靠近森林及水域生活，在鄉間道路中路殺狀況也比高速公路嚴重許多。爬蟲類屬於外溫動物，在體溫調節上必須仰賴周遭環境所提供的熱源，由於柏油路面在白天較能吸收並保留陽光的輻射熱，在夜間時柏油路面常較兩側地面溫暖，爬行類動物因停留在柏油路面上調節體溫，導致發生車禍 (Vijayakumar et al. 2001；巫奇勳 2007)，故秋天的爬蟲類動物有較高的路殺量。且研究指出，面對車輛靠近的危險，蛇類通常會靜止不動採觀察防禦的姿態 (Shine et al. 2004)，因此容易遭受車輛輾斃。兩棲類動物死亡率最常在春夏兩季大為提升，因為該時段為其主要繁殖季節，會為尋找水源地繁殖而移動，而牠們因行動緩慢，因此較易發生路殺。從過去台灣其他地區的研究可知兩棲與爬蟲在春夏兩季為路殺高峰 (劉小如 2008)，然而本研究在7、8月份記錄到的路殺筆數非常的稀少，推測與調查當日下大雨有很大的關係。雖然有研究指出兩棲類動物的道路致死率與降雨量呈正相關，蛙類偏好在雨後大量出現因此其棲地附近的車禍率也將大為提

升 (謝尚晉 2013)，然而短時間大量雨勢沖刷路面，可能使被路殺的物種被沖刷掉而無法觀察。

(二) 步行和騎車調查之差異

本研究發現鄉道與產業道路上步行調查的偵測率皆高於騎車調查。前人在高速公路的研究也顯示，步行調查比騎車調查，能獲得更加準確的結果，然而步行調查的時間跟距離有限，因此若研究範圍大，建議以雙重抽樣的方式，步行調查部分範圍，用以校正大範圍騎車調查的估計值 (Guinard et al. 2012)。前人研究顯示單獨騎乘機車與載一名乘客的調查結果無顯著差異 (Guinard et al. 2012)；而調查者有無經驗則會影響發現路殺的機率 (Collinson et al. 2014；Guinard et al. 2015；Plante 2019)，因此同一研究固定調查人員可減少誤差。本研究因固定人力不足，每次調查皆需招募志工協助調查，可能因而導致結果產生誤差。路殺個體的大小也會影響調查偵測率，騎車調查小型動物 (小於100 g) 可能只會調查到步行調查數量的一半 (Santos et al. 2011)，因此可依照調查目標物種，選擇適合的調查方式。

(三) 不同路段路殺物種與數量比較

蛙類的表皮潮濕裸露僅有輕微的角質化，具有透水性，主要棲息在陰暗潮濕離水不遠的地方，環境濕度越高出現的蛙種數越多 (楊懿如 2018)，因此可以看到黃肉溪路段有較多的兩棲類物種。三個樣區中黃肉溪路段路殺數量較收費站前後路段高，而其車流量卻是最少的。車流量較低對於動物的阻隔效應也較低，使得動物更容易往馬路靠近 (Langevelde et al. 2009；林世強 2009)，此路段平均路寬較小，且較少開發，棲地品質可能也較佳，推測因此有較高的路殺數量；而在周遭環境有高森林覆蓋、低農作物覆蓋、少量建築物與棲地較多樣性的路段，對動物有較高的車禍死亡率 (Malo et al. 2004)，因此收費站後3 km的路殺數量大於收費站前3 km路殺數量。然而此路段為惠蓀森林遊樂區內之道路，為維護遊客旅遊品質，

環境上應保持一定清潔度，發生路殺時可能在調查前已被移除，因此實際的路殺量可能更多。

五、結論

透過系統性調查，本研究結果顯示，惠蓀森林遊樂區周邊道路包含鄉道與產業道路皆有路殺事件發生，路殺種類多為兩棲類及爬蟲類，最常見的路殺物種為拉都希氏赤蛙、澤蛙及斯文豪氏攀蜥。整體而言，兩棲綱的春季的路殺數量最高，但兩棲綱與爬蟲綱加總的路殺數量在不同季節除了森林遊樂區收費站後3 km路段外，無顯著差異。使用步行調查的路殺偵測率在各路段皆高於騎車調查。儘管調查路段皆無記錄到瀕危物種的路殺，但只要存在路殺就會對物種形成威脅，建議可在投80鄉道及黃肉溪旁產業道路架設警示牌，以提醒用路人減速慢行，並透過惠蓀森林遊樂區與新生村社區內的宣導，以期減緩此路段路殺狀況。

六、誌謝

本研究感謝國立中興大學實驗林管理處提供計畫經費（計畫編號：1081011A-04）與行政協助；感謝國立中興大學諸多學生協助調查。

七、引用文獻

Collinson WJ, Parker DM, Bernard RTF, Reilly BK, Davies-Mostert HT (2014) Wildlife road traffic accidents: A standardized protocol for counting flattened fauna. *Ecology and Evolution* 4(15): 3060-3071.

Gibbs JP, Shriver WG (2002) Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16(6): 1647-1652.

Guinard E, Julliard R, Barbraud C (2012) Motorways and bird traffic casualties: carcasses surveys and scavenging bias. *Biological Conservation* 147(1): 40-51.

Guinard E, Prodon R, Barbraud C (2015) Case

study: A robust method to obtain defensible data on wildlife mortality. In: Van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons, US, pp 96-100.

Langevelde FV, Dooremalen CV, Jaarsma CF (2009) Traffic mortality and the role of minor roads. *Journal of Environmental Management* 90: 660-667.

Malo JE, Suarez F, Diez A (2004) Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*. 41: 701-710.

Matos C, Sillero N, Argana E (2012) Spatial analysis of amphibian road mortality levels in northern Portugal country roads. *Amphibia-Reptilia* 33: 469-483.

Plante J, Jaeger JAG, Desrochers A (2019) How do landscape context and fences influence roadkill locations of small and medium-sized mammals? *Journal of Environmental Management* 235(1): 511-520.

Santos SM, Carvalho F, Mira A (2011) How long do the dead survive on the road? Carcass persistence, probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLOS ONE* 6(9): e25383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>

Shine R, Lemaster M, Wall M, Langkilde T, Mason R (2004) Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society* 9(1): 9.

Sillero N, Paboljšaj K, Lešnik A, Šalamun A (2019) Influence of landscape factors on amphibian roadkills at the national level. *Diversity* 11(1): 13.

Spellerberg IF (2002) *Ecological Effects of Roads: The Land Reconstruction and Management*.

- CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Vijayakumar SP, Karthikeyan V, Ishwa NM (2001) Herpetofauna mortality on roads in the Anamalai Hills, Southern Western Ghats. *Hamadryad* 26(2): 265-272.
- 台灣動物路死觀察網 (2019) <https://roadkill.tw/>。
- 巫奇勳 (2007) 被忽略的一群道路開發犧牲者。生態台灣季刊 (16) : 31-36。
- 沈恕忻 (2012) 花蓮縣193縣道動物路死之研究。國立東華大學自然資源與環境學研究所碩士論文。
- 林世強 (2009) 金門動物車禍調查與分析。國家公園學報 19(1) : 31-46。
- 林德恩、趙仁方、林登榮、黃永慶 (2006) 綠島地區道路殺手效應之研究。綠島生物多樣性保育研討會，26-41頁。
- 楊懿如 (2018) 台灣的蛙類與環境之關係。有機及友善環境耕作研討會論文集，155-164頁。
- 劉小如 (2008) 陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究。陽明山國家公園管理處委託研究報告。
- 劉威廷、許永暉、鍾昆典、莊榮州 (2019) 路死誰守-高速公路護生指南。交通部高速公路局。
- 謝尚晉 (2013) 臺東縣197縣道南段兩棲類與爬行類動物道路死亡之研究。國立臺東大學生命科學研究所碩士論文。
- 觀光局 (2019) 交通部觀光局觀光統計資料庫惠蓀林場遊憩人次統計。<https://stat.taiwan.net.tw/scenicSpot>。