

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

(97年度)

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

中華民國九十七年十二月

(國科會 GRB 編號)

PG9703-0073

(本部計畫編號)

097-301020300G1-006

陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：劉小如

研究助理：詹仕凡、李欽國、楊建鴻

兼任助理：洪貫捷

陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十七年十二月

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 計畫緣起與研究目的.....	1
第二章 研究方法.....	5
第一節 動物車禍屍體調查.....	5
第二節 動物車禍熱點分析.....	6
第三節 道路結構因子調查.....	7
第四節 環境因子資料之蒐集.....	11
第五節 動物車禍與道路結構及環境因子的相關性分析.....	14
第三章 研究結果.....	17
第一節 動物車禍屍體調查.....	17
第二節 動物車禍熱點分析.....	20
第三節 動物車禍與道路結構及環境因子的相關性分析.....	28
第四章 討論與建議.....	37
第一節 動物車禍調查及熱點分布.....	37
第二節 環境因子與道路特徵的影響.....	38
第三節 未來其他研究方向.....	41
第四節 建議事項.....	42
致謝.....	45
附錄一 動物車禍屍體調查結果之哺乳類名錄.....	47
附錄二 動物車禍屍體調查結果之鳥類名錄.....	49
附錄三 動物車禍屍體調查結果之爬行類名錄.....	51

附錄四 動物車禍屍體調查結果之兩生類名錄.....	53
附錄五 期中簡報會議紀錄.....	55
附錄六 期末審查會議紀錄.....	57
附錄七 審查意見回覆.....	61
參考書目.....	63

表次

表 2-1 道路特徵變數.....	10
表 2-2 環境因子變數.....	13
表 3-1 哺乳動物屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	28
表 3-2 小獸類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	29
表 3-3 蝙蝠屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	30
表 3-4 鳥類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	30
表 3-5 爬行動物屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	31
表 3-6 蛇類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	32
表 3-7 蜥蜴屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	33
表 3-8 兩生類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析.....	34
表 3-9 變異解析的結果.....	35

圖次

圖 2-1 調查路線.....	6
圖 2-2 道路兩側地形分類圖.....	8
圖 2-3 道路兩側構造物的類型.....	9
圖 2-4 道路兩側的土地利用分類圖.....	11
圖 3-1 動物屍體數量隨時間的變化.....	19
圖 3-2 各路段動物屍體數量.....	21
圖 3-3 哺乳動物屍體分布.....	23
圖 3-4 鳥類屍體分布.....	24
圖 3-5 爬行動物屍體分布.....	26
圖 3-6 兩生類屍體分布.....	27

摘要

關鍵詞：動物車禍、動物廊道、熱點、環境因子、道路特徵

一、研究緣起

陽明山國家公園為一鄰近都會區的國家公園，園區內的道路密集且交通頻繁，以致有嚴重的動物車禍問題。過去國家公園內曾進行十餘年的動物車禍遺體數調查，並依調查結果在園區內設置數座微形生態廊道。但過去監測的路段範圍站國家公園內道路系統的小部分，暨有的生態廊道系統的影響範圍也有限，因此有必要擴大動物遺體調查的範圍，確認動物車禍發生的熱點，以作為動物生態廊道推廣設置之依據。

本計畫之目的即在針對國家公園範圍內主要道路系統進行動物車禍遺體調查，藉以確定國家公園範圍內動物車禍發生的熱點，並探討影響動物車禍分布熱點的潛在因子，以作為日後保育工作之依據。

二、研究方法與過程

自 2008 年 3 月至 10 月，在陽明山國家公園範圍內 110.5 公里長的道路系統進行動物車禍遺體調查，紀錄因為動物車禍死亡的哺乳類、鳥類、爬行類及兩生類等脊椎動物的種類、數量、出現位置，以確認動物車禍熱點分布。進行道路特徵因子調查，蒐集可能影響動物車禍發生機會的道路特徵因子。並利用航照判視、現場調查及既有地理資訊資料庫整合獲得可能影響動物分布及數量的環境因子。根據上述資料，探討動物車禍熱點分布與環境因子及道路特徵之間的相關性。

三、重要發現

(一) 調查期間共拾獲野生脊椎動物屍體 11267 隻，可辨識的種類共 76 種，包括哺乳類 11 種 163 隻，鳥類 11 種 45 隻，爬行類 38 種 3000 隻(含蛇類 29 種 1037 隻、蜥蜴類 7 種 1956 隻、龜鱉類 2 種 7 隻)，及兩生類 16 種 8059 隻。

(二) 動物車禍遺體的數量在各路段之間有明顯差異。其中 1)巴拉卡公路、2)陽金公路、3)台北縣道 28 號、4)萬溪產業道路，是遺體分布較密集的道路。這四條道路上，動物遺體大量出現的路段長且連續，為動物車禍最嚴重的區域。

(三) 動物車禍發生的熱點分布與環境因子相關性較高，與道路特徵因子相關性較弱，顯示動物車禍的發生熱點分布與動物的族群數量分布可能較有關聯，但仍有部份道路特徵因子對動物車禍發生機會有所影響。

四、主要建議事項

立即可行建議：

(一) 加強宣導教育

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：陽明山國家公園內及週邊地區各級學校、中華民國國家公園學會或其他民間保育團體

(二) 進行道路對野生動物族群切割相關之族群遺傳學研究

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：中華民國國家公園會、國內各大專院校或研究單位

中長期建議

(一) 依據本研究發現的動物車禍熱點設置動物穿越涵洞

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：台北市政府工務局養護工程處

(二) 在爬行動物車禍發生熱點嘗試性設置陸橋，並監測其效益。

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：台北市政府工務局養護工程處

Abstract

Key words: roadkill, micro-corridor, hotspot, environmental factor, road feature

Yangmingshan National Park has high road density and heavy traffic, thus a serious problem of wildlife roadkills. The number and distribution of vertebrate roadkills has been monitored by National Park staff for more than a decade. Several micro-corridors were set up for wildlife at hotspots identified by the monitoring program. However, previous monitoring covered only a small portion of the road system within the national park. The effective ranges of the micro-corridor systems were also restricted. For conservation management, it is necessary to evaluate the roadkill situation for the entire park, to identify additional hotspots if they exist, and to take appropriate conservation measures.

The aim of this project is to investigate the spatial distribution of roadkills along all major roads in Yangmingshan National Park and locate hotspots not currently known, and to identify the potential factors affecting the distribution of hotspots.

We searched for vertebrate roadkills within Yangmingshan National Park from 17 March to 25 October, 2008. The length of our weekly survey route covered 110.5 KM. We recorded the species identities, numbers, and spatial locations of roadkills, then identified hotspots based on these survey results. We documented road-features and environmental variables in the field and from existing GIS data layers. We analyzed the relation between hotspot distribution and these factors.

During the study, we recorded 11267 roadkills (76 species), including 163 mammals (11 species), 45 birds (11 species), 3000 reptiles (38 species), and 8059 amphibians (16 species). Four roads had higher roadkill density: 1) Bailaka Road, 2) Yangjin Highway, 3) Taipei County-road No. 28, and 4) Wansi industrial road.

We found that environmental factors had more influence on the distribution of roadkill hotspots than road-feature factors. This indicates that roadkill density could be regulated by the distribution and population density of wildlife along the road. However, some road features also affected the density

of road mortality.

Recommendations for immediate consideration include:

- 1) Public education programs to inform the local residents and tourists about the large amount of roadkills within Yangmingshan National Park and reduce driving as much as possible.
- 2) Contract the production of a cartoon about roadkills and educate the public about how small vertebrates use habitat on or along the roads.
- 3) Study the effects of habitat fragmentation on population genetic structure for species with large numbers of roadkills.

Recommendations for medium term implementation include:

- 1) Construct micro-corridors for wildlife at hotspots identified in the study.
- 2) Design and construct overpasses at reptile roadkill hotspots and monitor their effectiveness

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與研究目的

道路對於野生動物的生存有許多的影響，道路的存在往往將完整的棲地切割成破碎的區塊，進而阻隔了野生動物在棲地間的移動。道路帶來的車輛、人潮也會對野生動物帶來干擾或傷害；動物車禍(roadkill)即為一種常見的的傷害。國外的研究發現頻繁的車禍會導致當地的野生動物族群下降，這種現象已出現在哺乳類(Bellis and Graves 1971)、鳥類(Hodson 1962)、兩生類(Fahrig et al. 1995, Hels and Buchwald 2001)、爬蟲類(Drews 1995)、以及無脊椎動物如蝴蝶(Munguira and Thomas 1992)等野生動物中。國內也有許多車禍對野生動物造成傷害的案例，例如在金門地區車禍對鳥類造成傷害(林世強 2006)，國道三號沿線的脊椎動物車禍(黃于坡 2007)，以及國道三號雲林路段的車流造成遷徙中紫斑蝶的傷亡(鄭瑞富與林鐵雄 2006)。

過去的研究發現，行經道路的車速及車流量可能是影響動物車禍發生頻率最重要的因素(Trombulak and Frissel 2000)，但其他環境因子也可能影響動物車禍發生的機會。Clevenger et al. (2003)發現道路周邊地形會顯著地影響動物車禍的發生。道路兩側若有較濃密的植被，哺乳類動物也較容易發生車禍(Bellis and Graves 1971; Bennet 1991)。過去在陽明山國家公園內的多項監測結果也顯示，道路周邊的環境有所不同時，發生動物車禍的機會也有所差異(黃光瀛 2002、2003)。Clevenger et al. (2003)發現若路面比兩邊高，能有效減少陸棲動物的車禍，但 Massemin and Zorn (1998)則發現倉鴉(Barn Owl)飛行時會因為要低空掠過高起的路面而增加發生車禍的機會，故同樣的環境因子對不同的物種發生車禍的機會也可能有不同的影響。綜上所述，研究動物車禍發生地點的空間

分布，以及影響動物車禍發生的環境因子，是擬定保育策略及復育生物學所必要的前置研究。

陽明山國家公園內的野生動物的種類、數量都十分豐富，但由於鄰近台北都會區，且園區內的幾條道路亦為連結台北市及北海岸各鄉鎮的重要道路，故交通頻繁，以至於園區內有很高的動物車禍發生率(黃光瀛 2002、2003)。黃光瀛(2007)分析 1995 年至 2006 年間，在陽明山國家公園內 14 個路段的道路沿線(總長度 47.5 公里)拾獲野生動物屍體的紀錄，發現共有 136 種 12838 隻的野生脊椎動物屍體，顯示動物車禍導致很多野生動物死亡。為減少野生動物因車禍造成傷亡，陽明山國家公園管理處近年來在部分路段設置了讓動物穿越的地下涵洞，目前已發現有許多野生動物利用這些涵洞，且在設置之路段野生動物的傷亡有降低的趨勢(陽明山國家公園管理處 2006，黃光瀛 2007)，顯示設置地下涵洞作為動物廊道是減少野生動物車禍致死的有效方案。然而過去監測的路段約僅涵蓋了國家公園道路系統的約四分之一，其餘道路沿線的車禍狀況，以及是否需要針對不同路段推廣設置廊道或採取其他因應措施，亟待進一步研究。

本研究的目的，在於瞭解陽明山國家公園內道路系統沿線，動物車禍發生的時空分布，以及瞭解影響動物車禍發生的因子，並進一步的提出因應的保育策略，具體的研究項目包括：

(一) 動物車禍發生的空間分布：對國家公園全區道路做系統性的調查，以瞭解動物車禍在陽明山國家公園內的分布情形，作為建立動物廊道位置的參考資料。並鑑定發生車禍之高危險物種(Hot species)，並確認是否有特定物種集中在特定地點(Hot spot)及時期(Hot period)發生車禍的情形。

(二) 影響動物車禍發生的因子：在瞭解動物車禍的空間分布以後，配合暨有的

環境資料庫以及現場對環境因子的調查，分析動物車禍的發生和環境因子與道路特徵之間的相關性。

(三) 建議合適的保育策略：根據上述的調查及分析，確認動物車禍發生頻度較高的路段，配合發生車禍物種的特性，提出適當的保育策略(例如在那些路段營建動物廊道)，以期減少動物車禍的發生，並使得棲地可以重新連結。

第二章 研究方法

第一節 動物車禍屍體調查

動物車禍屍體調查的範圍涵蓋陽明山國家公園內部各主要道路，以及陽明山國家公園周邊地區的部分道路(圖 2-1)，路線長度合計 110.5 公里。調查的對象為脊椎動物，包括哺乳綱、鳥綱、爬行綱、兩生綱這四大類的野生動物。調查頻度為每路段每週一次。各週的調查人力為 1 至 3 人不等，但均以 1 人為 1 組進行調查。由於調查人力有限且調查範圍廣大，當動物屍體較多的時候(如夏季)或天氣狀況不佳時，往往需耗時多日才能完成一次完整的調查，故有時不同路段的調查可能在一週內的不同日子分別進行。過去在陽明山國家公園內的相關研究發現，動物車禍屍體通常在死亡後 3 天以內尚可被發現，超過 3 天屍體就分解消失(黃光瀛個人通訊)，故本研究在同一路段連續兩次調查隻時間間隔至少 4 天，以避免調查時間間隔過短造成的誤差。調查時，調查人員騎乘摩托車以時速 10-30 公里的速度沿調查路線進行調查。發現動物屍體時，紀錄其種類、數量，並利用全球衛星定位儀(Global Positioning System, GPS)紀錄發現地點座標，所採用的座標系統為 TWD 97 系統。當調查人員無法辨識所發現的動物屍體種類時，則用數位相機拍攝照片以資後續鑑定使用。完成紀錄之後，調查人員將動物屍體自路面移除，以避免屍體存留至下次調查時間，造成重複計數的問題。

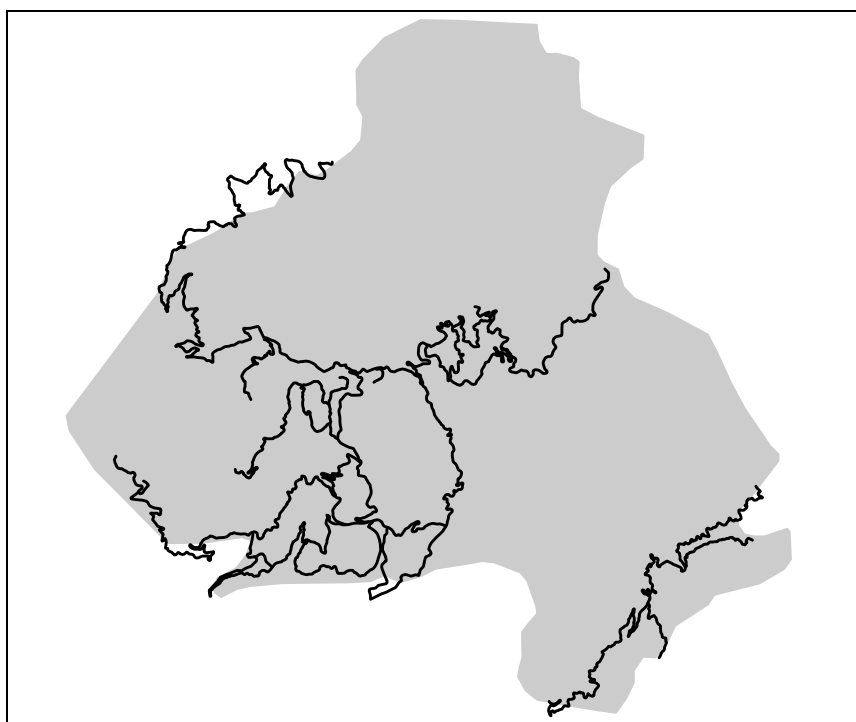


圖 2-1、調查路線

圖中黑色實線為調查路線，共計 110.5 公里。灰色區域為國家公園範圍。

(資料來源：本研究)

第二節 動物車禍熱點分析

為了呈現動物車禍熱點的分布，我們將所有調查路段以 0.5 公里為單位分段，計算各路段動物屍體的數量、種類數、各分類群的數量。但由於實際操作時，有一些位於末端的路段長度遠小於 0.5 公里，故在分析時這些路段的動物屍體數量時，依路段長度以下列公式進行校正：

$$N_c = N_o \times \frac{0.5}{L}$$

其中 N_c 為校正後隻數， N_o 為校正前實際紀錄隻數， L 則為路段的實際長度(公里)。最後利用地理資訊系統，將各路段校正後的動物屍體數量呈現在圖面上。

第三節 道路結構因子調查

道路結構因子調查在動物車禍屍體調查以外的日子進行。為配合動物車禍熱點分布資料以進行相關性分析，蒐集道路結構因子資料時，皆以熱點分析中的 0.5 公里路段為基本的分段單位。調查人員沿著調查路線紀錄下列項目：

- 1) 道路寬度：在調查路線上每隔 100 公尺測量一次路寬（即每 0.5 公里的路段有 5 個測量值）。每 0.5 公里路段的路寬，以該路段 5 個測量值的平均值代表之。
- 2) 道路上方植被覆蓋度：在調查路線上每隔 100 公尺測量一次覆蓋度（即每 0.5 公里的路段有 5 個測量值）。測量時將所在位置道路的橫截面五等分，調查人員在此五等份的中點觀察正上方是否有植物覆蓋，依據在此五等份中植物覆蓋的情形給分，若全無植被覆蓋則為 0 分，僅一等份有植被覆蓋則為 1 分，全有植被覆蓋則為 5 分。每 0.5 公里路段的覆蓋度，以該路段 5 個測量值的平均值代表之。
- 3) 路燈數：調查人員紀錄調查路線兩側路燈的座標，座標資料經整理後，再利用地理資訊系統計算各 0.5 公里路段的路燈數量。
- 4) 道路兩側地形：參考 Clevenger et al(2003)所使用的方法，將道路兩側地形區分為 6 大類(圖 2-2)：1)兩側上坡、2)兩側下坡、3)單側上坡單側下坡、4)一側上坡一側平緩、5)一側下坡一側平緩、6)兩側平緩。調查人員沿線記錄道路兩側地形的類別及類別轉換處的座標，座標資料經使用地理資訊系統匯整後，繪製成各類型道路的分布圖，並計算各 0.5 公里路段中各類道路所佔的長度比例。

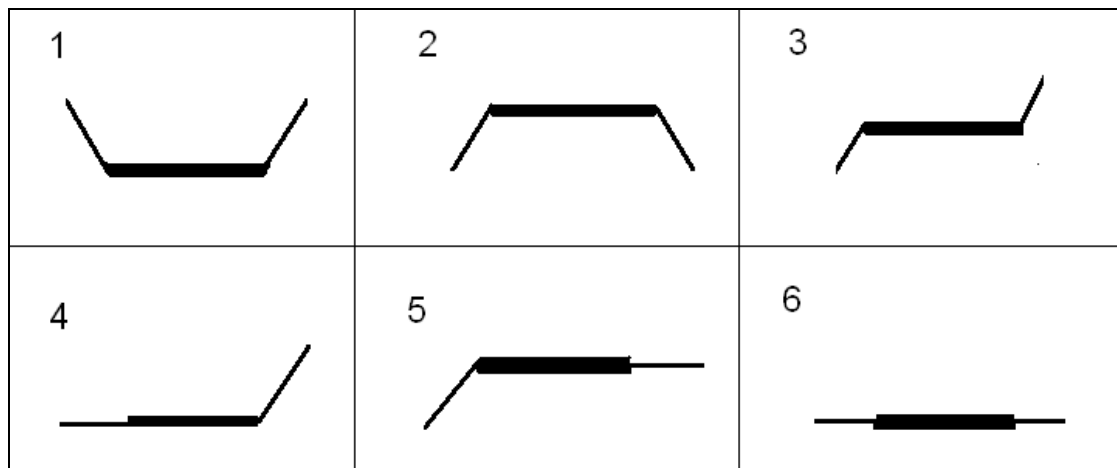


圖 2-2. 道路兩側地形分類圖

圖中以粗線代表道路路面，細線代表道路兩側地形，故可依據道路兩側地形將道路區分為圖示的 6 種類型。

(資料來源：本研究)

- 5) 道路兩側水溝：紀錄道路兩側無蓋水溝的起始點和終點座標，座標資料經使用地理資訊系統匯整後，繪製成水溝的分布圖，並計算各 0.5 公里路段中，路旁有水溝的路段所佔的長度比例。
- 6) 道路兩側構造物：道路兩旁的構造物包含 1)連續型護欄、2)間斷型護欄、3)矮護欄、4)欄杆型護欄、5)擋土牆、6)人行道及 7)其他(圖 2-3)。調查人員記錄全線道路兩側構造物的類型、變化情形及變化位置的座標，此資料經地理資訊系統匯整後，可顯示出各路段的道路特徵，並可據此計算出具有各種道路特徵的路段長度。

綜合上述資料蒐集及調查的結果，共整理出 16 個道路特徵因子變數(表 2-1)，以納入進一步的相關性分析



圖 2-3. 道路兩側構造物的類型

(1)欄杆狀護欄、(2)間斷型護欄、(3)連續型護欄、(4)矮護欄、(5)人行道、(6)擋土牆。

(資料來源：本研究)

表 2-1. 道路特徵變數

變數名稱	代號	說明	資料類型	資料來源
擋土牆	Wall	路旁有擋土牆的路段所佔長度比例	百分比	本研究野外調查
連續型護欄	C_barrier	路旁有連續型護欄的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
間斷型護欄	D_barrier	路旁有間斷型護欄的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
欄杆狀護欄	Railing	路旁有欄杆狀護欄的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
矮護欄	S_barrier	路旁有矮護欄的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
人行道	Sidewalk	路旁有人行道的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
所有構造物	Structure	路旁有各類型構造物(包含上述各類型護欄及房屋、圍牆、鐵絲網等)的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
路寬	Rd_w	路段內的道路平均寬度	數值	本研究野外調查
路燈數	Light	路段內道路兩側的路燈盞數	計數	本研究野外調查
水溝	Drain	路旁有無蓋水溝的路段所佔的長度比例	百分比	本研究野外調查
道路兩側地形	RSTP_1	道路兩側上坡路段長度所佔比例	百分比	本研究野外調查
	RSTP_2	道路兩側下坡路段長度所佔比例	百分比	本研究野外調查
	RSTP_3	道路一側上坡一側下坡的路段長度所佔比例	百分比	本研究野外調查
	RSTP_4	道路一側上坡的路段所佔長度比例	百分比	本研究野外調查
	RSTP_5	道路一側下坡的路段所佔長度比例	百分比	本研究野外調查
	RSTP_6	道路兩側平緩的路段所佔長度比例	百分比	本研究野外調查

(資料來源：本研究)

第四節 環境因子資料之蒐集

本研究所使用的環境因子資料，來源包括內政部及國家公園暨有的 GIS 環境資料、本研究自行判讀的土地利用類型資料、以及野外調查所獲的資料，資料類別及內容如下：

- 1) 土地利用類型：利用農林航測中心 2003 年所拍攝的陽明山地區正射化影像航照圖，判識調查路線道路兩側 100 公尺範圍內的土地利用類型，將所有土地利用類型區分為森林、果園及園藝用地、建地、農耕地(含水、旱田)、灌草地、其它裸露地、道路及水域(含溪流、湖泊、池塘)八大類(圖 2-4)。並利用地理資訊系統計算各調查路段兩側 50 公尺及 100 公尺範圍內各種土地利用類型所佔面積比例。

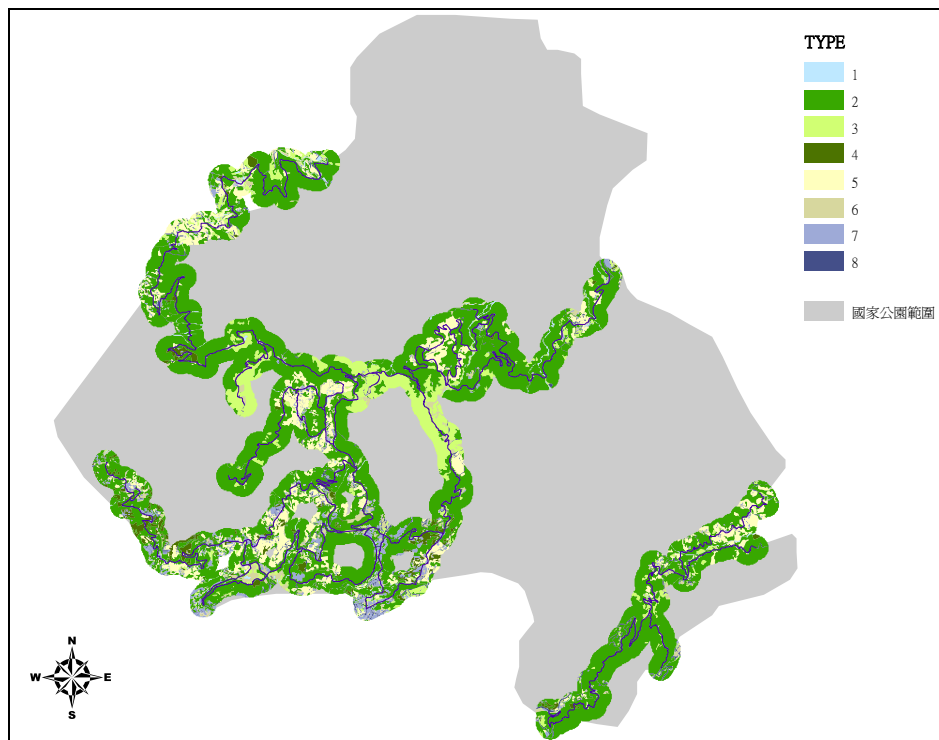


圖 2-4. 道路兩側的土地利用分類圖

土地利用分類項目圖例依序為 1)水域，2)森林，3)灌草地，4)果園及園藝用地，5)農耕地，6)其它裸露地，7)建地，8)道路。(資料來源：本研究)

- 2) 地形因子：包含海拔高度、坡度及坡向 3 項因子。其中海拔高度由內政部的數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM, 解析度 4X4 公尺)獲得，坡度及坡向則是將 DTM 的地形資料，利用地理資訊系統進行運算後獲得。其中坡向是圓周角度資料，無法直接納入後續相關性分析，故再經由數學運算轉換為北向值與東向值兩個變數，其中東向值為坡向的正弦(sine)值(坡向朝正東時值為 1，朝正西時值為-1，朝正南或正北時值為 0)，北向值為坡向的餘弦(cosine)值(坡向朝正北時值為 1，朝正南時值為-1，朝正東或正西時值為 0)。每個 0.5 公里路段的各地形因子以該路段之平均值代表之。
- 3) 與主要河川的最近距離：依據陽明山國家公園溪流位置圖，利用地理資訊系統進行運算後，可獲得國家公園內各點與主要河川之最近距離，再以每個 0.5 公里路段之平均值代表該路段的測量值。
- 4) 道路周邊山溝與道路之交會點數量：除了河川、湖泊等大面積的水域以外，在山區廣泛分佈的山溝也有可能是影響野生動物(主要為兩生類)的重要棲地因子。故在調查道路特徵因子時，亦紀錄流經道路的山溝與道路交會點的座標，再利用地理資訊系統計算各路段內交會點的數量。

綜合上述資料蒐集及調查的結果，共整理出 23 個環境因子變數(表 2-2)，以納入後續的相關性分析。

表 2-2. 環境因子變數

變數名稱	代號	說明	資料類型	資料來源
道路兩側 50 公尺 範圍內土地利用 類型組成	LC50_water	道路兩側 50 公尺範圍內水域所佔面積比例	百分比	本研究依據航照圖自行 分類
	LC50_forest	道路兩側 50 公尺範圍內森林所佔面積比例		
	LC50_grass	道路兩側 50 公尺範圍內灌草地所佔面積比例		
	LC50_orchard	道路兩側 50 公尺範圍內果園及園藝用地所佔面積比例		
	LC50_agri	道路兩側 50 公尺範圍內農耕地(水、旱田)所佔面積比例		
	LC50_bare	道路兩側 50 公尺範圍內其他裸露地所佔面積比例		
	LC50_building	道路兩側 50 公尺範圍內建地所佔面積比例		
	LC50_road	道路兩側 50 公尺範圍內道路所佔面積比例		
道路兩側 100 公尺 範圍內土地利用 類型組成	LC100_water	道路兩側 100 公尺範圍內水域所佔面積比例	百分比	本研究依據航照圖自行 分類
	LC100_forest	道路兩側 100 公尺範圍內森林所佔面積比例		
	LC100_grass	道路兩側 100 公尺範圍內灌草地所佔面積比例		
	LC100_orchard	道路兩側 100 公尺範圍內果園及園藝用地所佔面積比例		
	LC100_agri	道路兩側 100 公尺範圍內農地(水、旱田)所佔面積比例		
	LC100_bare	道路兩側 100 公尺範圍內其他裸露地所佔面積比例		
	LC100_building	道路兩側 100 公尺範圍內建地所佔面積比例		
	LC100_road	道路兩側 100 公尺範圍內道路所佔面積比例		
海拔高度	Alt	路段內的平均海拔高度	數值	DTM
坡度	Slope	路段內的平均坡度	數值	DTM
北向值	Northward	路段內坡向餘弦值(cosine)的平均值	數值	DTM
東向值	Eastward	路段內坡向正弦值(sine)的平均值	數值	DTM
植被覆蓋度	Vg_cover	路段內道路上方植被覆蓋程度	計數	本研究野外調查
山溝	Gully	路段內山溝與道路交點數	計數	本研究野外調查
與主要川之距離	River	路段內與最近河川之平均距離	數值	陽明山國家公園河川圖

(資料來源:本研究)

第五節 動物車禍與道路結構及環境因子的相關性分析

動物車禍屍體調查的範圍，包含國家公園內的道路，以及少部分國家公園周邊的道路。但因為國家公園內部分環境因子資料，可由暨有的地理資訊圖層獲得，資料取得上較為容易，故進行動物車禍與道路結構及環境因子的相關性分析時，只有將國家公園範圍內的路段納入分析，排除萬里鄉北縣道 28 號部分路段，三芝鄉三板橋、圓山村路段，以及台北市登山路的部分路段。另外，長度未達 0.5 公里的路段，亦不納入分析。故最後僅有 194 個路段(長 97 公里)的資料納入後續分析。

影響動物車禍發生的眾多因子中，環境因子造成的影響主要是動物的分布及族群數量的差異，而道路特徵因子造成的影響則是動物在不同路段致死率的差異。故在探討環境因子與道路特徵對動物車禍發生量的影響時，可能的影響機制可歸納如下：

1) 純粹由環境因子造成的影響：在不同的路段，環境因子差異造成動物的分布及數量有別，即便動物在各路段隨機地發生車禍，動物車禍量亦會有所不同；在此狀況下可以發現動物車禍發生量和環境因子有相關性。

2) 純粹由道路特徵造成的影響：即使動物在不同路段之間分布與數量上沒有差異，但因為不同路段間道路特徵的不同，導致動物發生車禍的機率亦有所不同，而造成動物車禍量在不同路段間的差異；在此狀況下可以發現動物車禍發生量和道路特徵因子有相關性。

3) 環境因子影響道路特徵的共同影響：因為部分道路特徵可能是因應道路所在地的環境因子所設計，故環境因子的差異，可能導致道路特徵的差異。當環境因

子與道路特徵之間的相關性存在時，無論是由環境因子或道路特徵因子影響動物車禍的發生量，都可以發現三者之間互有相關性。

故在資料分析的部分，先使用複迴歸分析(multiple regression)分別檢驗各路段動物屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性，並使用前進選擇法(forward selection)保留與動物屍體數量相關的環境及道路特徵因子。再利用淨迴歸分析(partial regression)來檢驗 1)排除道路特徵因子影響後，動物屍體數量與環境因子的相關性，以及 2)排除環境因子影響後，動物屍體數量與道路特徵因子的相關性。

在上述各項迴歸分析中，均可得到校正後的決定係數(adjusted R^2)，以此數值作為迴歸模型解釋變異量的估值，再使用變異解析法(variation partitioning, Borcard et al 1992)，將動物屍體數量在路段間的變異區分為 4 個部分：1)純粹由環境因子可解釋的部分，2)純粹由道路特徵因子可解釋的部分，3)環境因子與道路特徵因子可共同解釋的部分，以及 4)無法解釋的部分(即殘差)。此分析法可計算上述 4 部分的個別比重，並可測試第 1 及第 2 部分的顯著性，但無法測試第 3 及第 4 部分的顯著性。

上述所有統計檢定的顯著值(p-value)皆由 1000 次的排列檢定(permutation test)獲得，以避免應變數(dependent variable)不符合常態分布狀況下可能造成的第一型誤差(Type 1 error)，顯著水準 α 定為 0.05。以上分析使用統計軟體 R2.7.2(R develop core team 2008)中的套件 vegan 及 packfor 進行。

第三章 研究結果

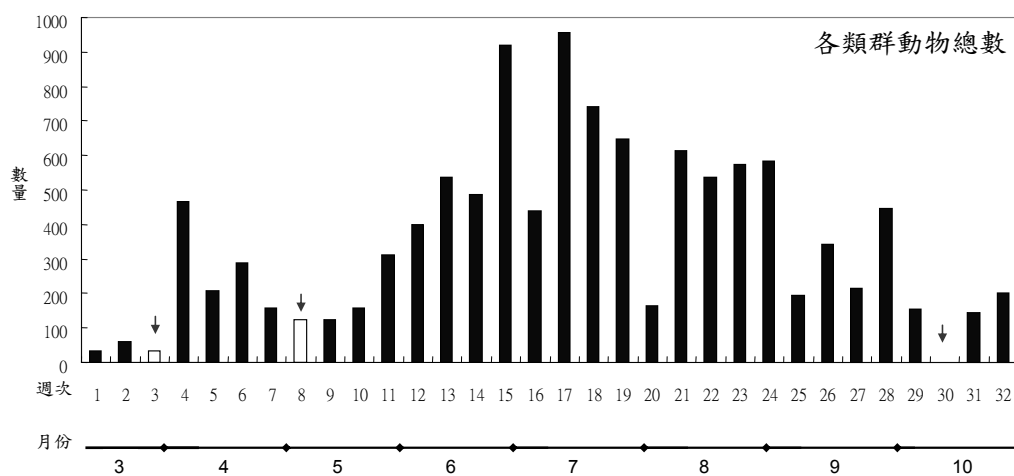
第一節 動物車禍屍體調查

本研究自 3 月 17 日起進行第一次調查，至 10 月 23 日進行最後一次調查，共歷經 32 週，但其中有 3 週次因為天候因素導致無法完成全區調查，故共完成 29 次全區完整調查。調查期間共拾獲野生脊椎動物屍體 11267 隻，可辨識的種類共 76 種，包括哺乳類 11 種 163 隻，鳥類 11 種 45 隻，爬行類 38 種 3000 隻(含蛇類 29 種 1037 隻、蜥蜴類 7 種 1956 隻、龜鱉類 2 種 7 隻)，及兩生類 16 種 8059 隻。排除 3 週不完整調查的資料後，種類數不變，共拾獲野生脊椎動物屍體 11108 隻，包括哺乳類 162 隻，鳥類 44 隻，爬行類 2970 隻(蛇類 1024 隻、蜥蜴類 1939 隻、龜鱉類 7 隻)，及兩生類 7932 隻。

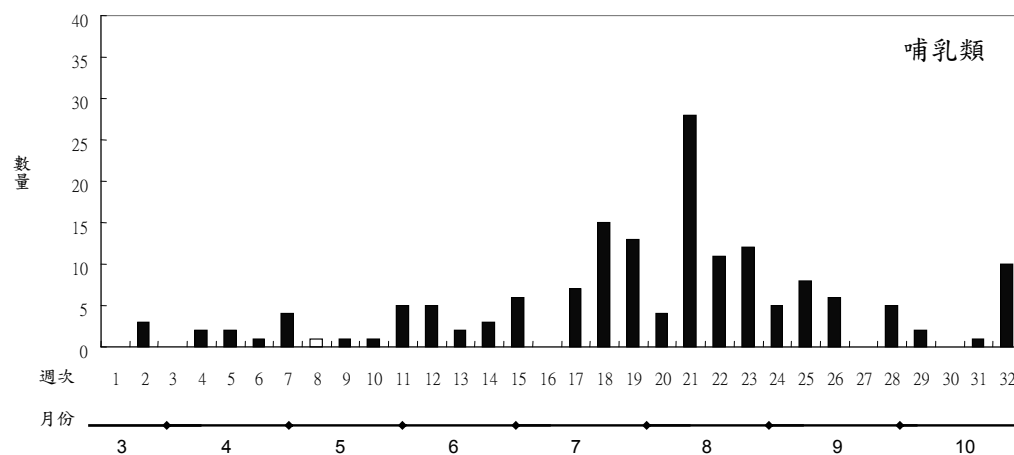
可辨識至種的動物屍體中，各類群數量最多的前三種分別為：哺乳類的刺鼠(n=35)、台灣鼯鼠(n=15)、摺翅蝠(n=12)；鳥類的山紅頭(n=7)、綠繡眼(n=7)、白頭翁(n=5)；蛇類的鈍頭蛇(n=173)、青蛇(n=105)、赤尾青竹絲(n=76)；蜥蜴類的黃口攀蜥(n=1315)、印度蜓蜥(n=428)、麗紋石龍子(n=32)；龜鱉類的柴棺龜(n=4)及斑龜(n=1)(龜鱉類可辨識至種者僅此兩種)；蛙類的盤古蟾蜍(n=1759)、斯文豪氏赤蛙(n=1114)及拉都希氏赤蛙(n=648)。動物名錄及數量參見附錄一至四。

動物屍體的數量在 3 月份最低，爾後數量逐步升高，在 6 月下旬至 7 月上旬數量達到最高，然後再逐漸下降(圖 3-1)。不同類群的動物屍體出現的高峰期略有不同，兩生類與爬行類的屍體皆以 6 月至 7 月為出現高峰，鳥類及哺乳類的高峰時間則為略晚的 8 月。

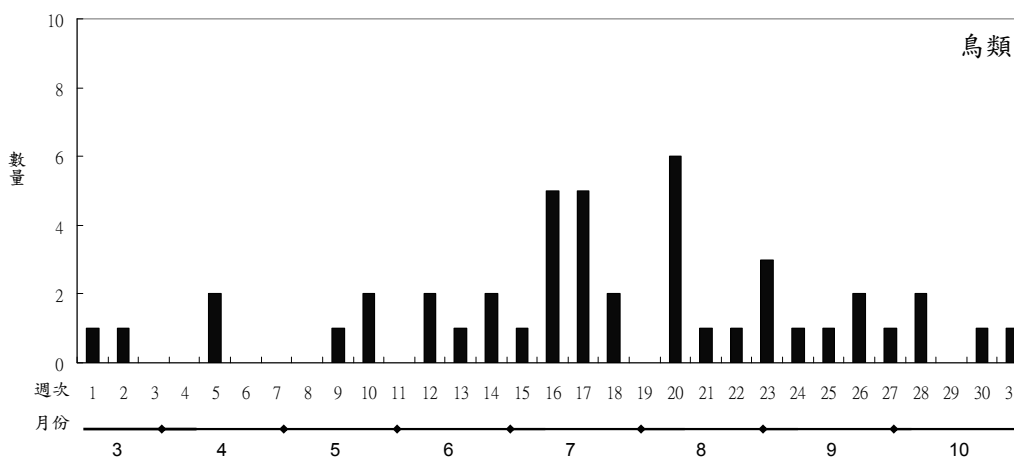
(a)



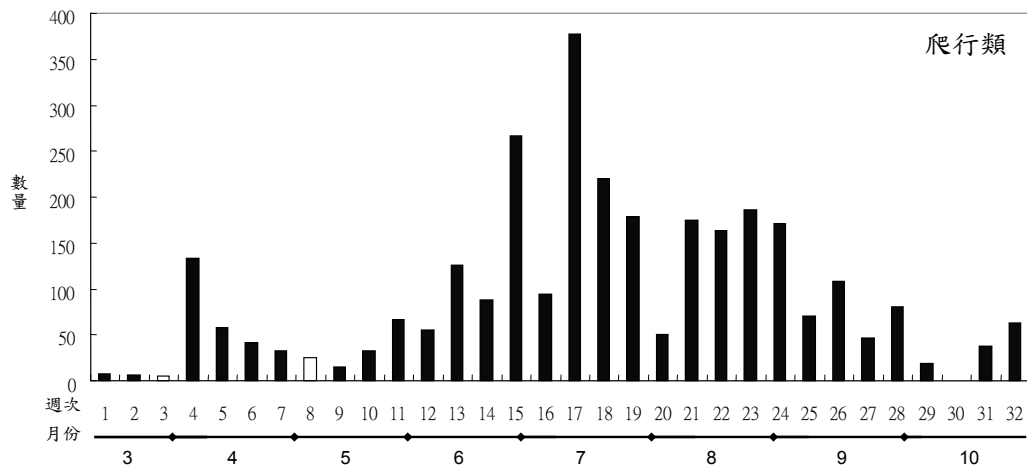
(b)



(c)



(d)



(e)

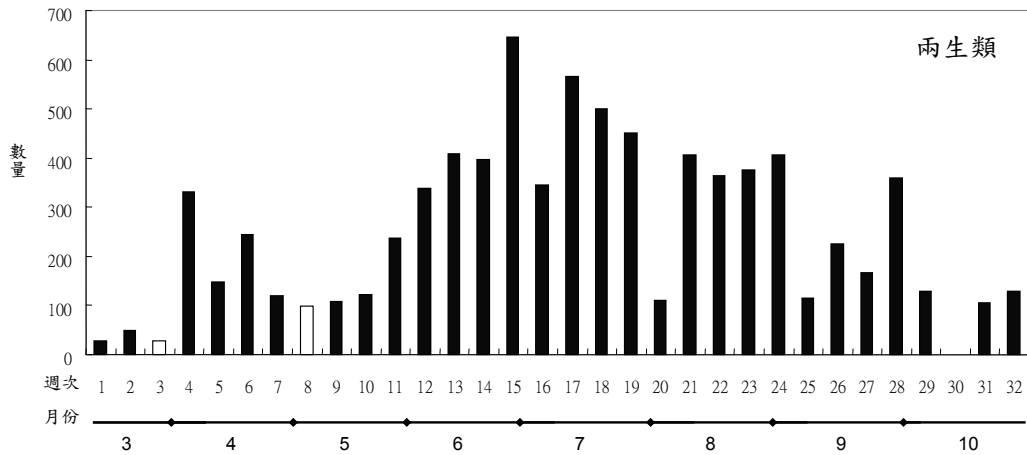


圖 3-1.動物屍體數量隨時間的變化

其中第 3 週、第 8 週及第 30 週並未完成全部調查路線的調查，故在柱狀圖中以白色柱表示之。

(資料來源：本研究)

第二節 動物車禍熱點分析

動物車禍屍體的數量在各路段之間有明顯差異(圖 3-2)。其中 1)巴拉卡公路、2)陽金公路、3)台北縣道 28 號、4)萬溪產業道路，是屍體分布較密集的道路。這四條道路上，動物屍體大量出現的路段長且連續，為車禍最嚴重的區域。在這些路段內詳細的動物車禍分布情形如下：

- 1) 巴拉卡公路：自 5K 起至與陽金公路的岔路口為止，沿線被發現的動物屍體數量都很高，只有在大屯自然公園附近環境開闊的路段屍體數量略少。其中鞍部氣象站至陽金公路岔路口為止 1.5 公里長的路段，在調查期間共發現了 874 隻動物屍體(三個 0.5 公里長的調查路段中分別有 204、313、357 隻)。另外巴拉卡 6K-6.5K 處也是動物屍體數量較多的地段，調查期間在此 0.5 公里長的路段中亦發現了 200 隻動物屍體。
- 2) 陽金公路：自中興路口(陽明書屋)起至後山產業道路口為止，為動物屍體較多的路段。其中又以中興路口至竹子湖路段、小油坑橋至小油坑遊憩區路口段、以及中湖戰備道口至後山產業道路口段，在調查期間，上述各路段每 0.5 公里均拾獲超過 100 隻的動物屍體。
- 3) 台北縣道 28 號：9.5K-14K 處為較多動物屍體被發現的路段，其中又以 12K-14K 處數量最多，在調查期間每 0.5 公里拾獲數量也都超過 100 隻。
- 4) 萬溪產業道路：自道路起點(0K；楓林橋頭)起至 2.5K 處為止，為動物屍體較多的路段。其中 2K-3K 每 0.5 公里拾獲數量超過 100 隻。

除了上述路段之外，另有一些路段，在調查期間每 0.5 公里拾獲數量也超過

100 隻，但該路段前後緊鄰的路段動物車禍的情形較不嚴重，故整體嚴重性較前述 4 個路段為輕。這些路段包括：1)東昇路雷隱橋至頂湖社區、2)大屯山車道 1.5K 至車道末端(大屯山頂)、3)冷水坑 0.5K-1K(菁山自然中心附近)、以及 4)竹子湖頂湖 0K-0.5K。

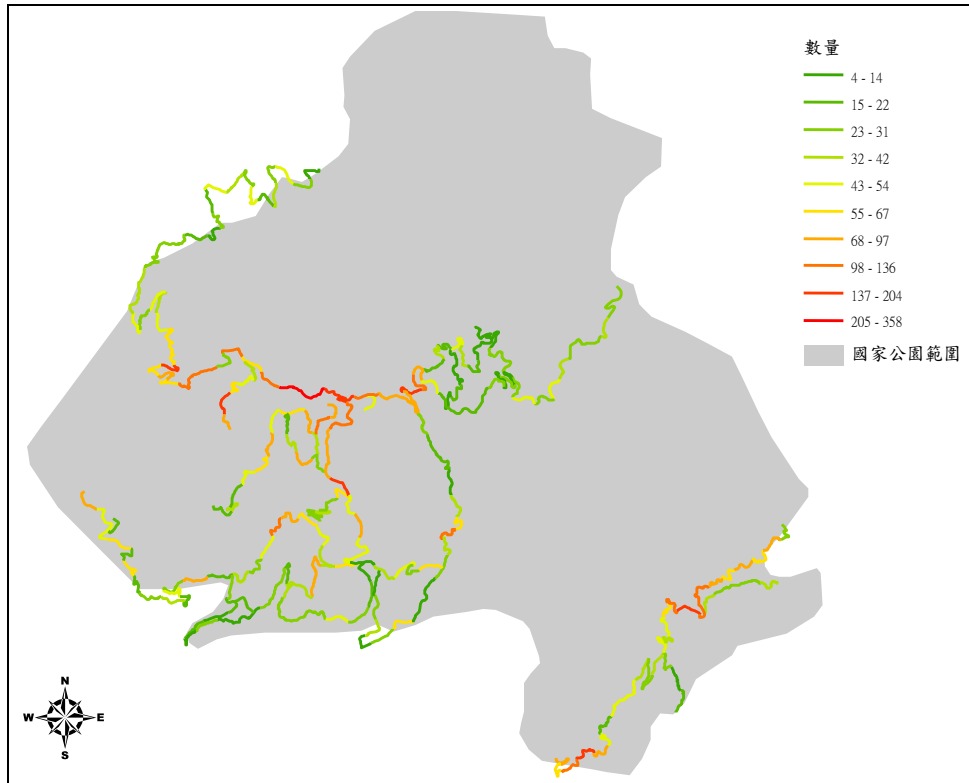


圖 3-2. 各路段動物屍體數量

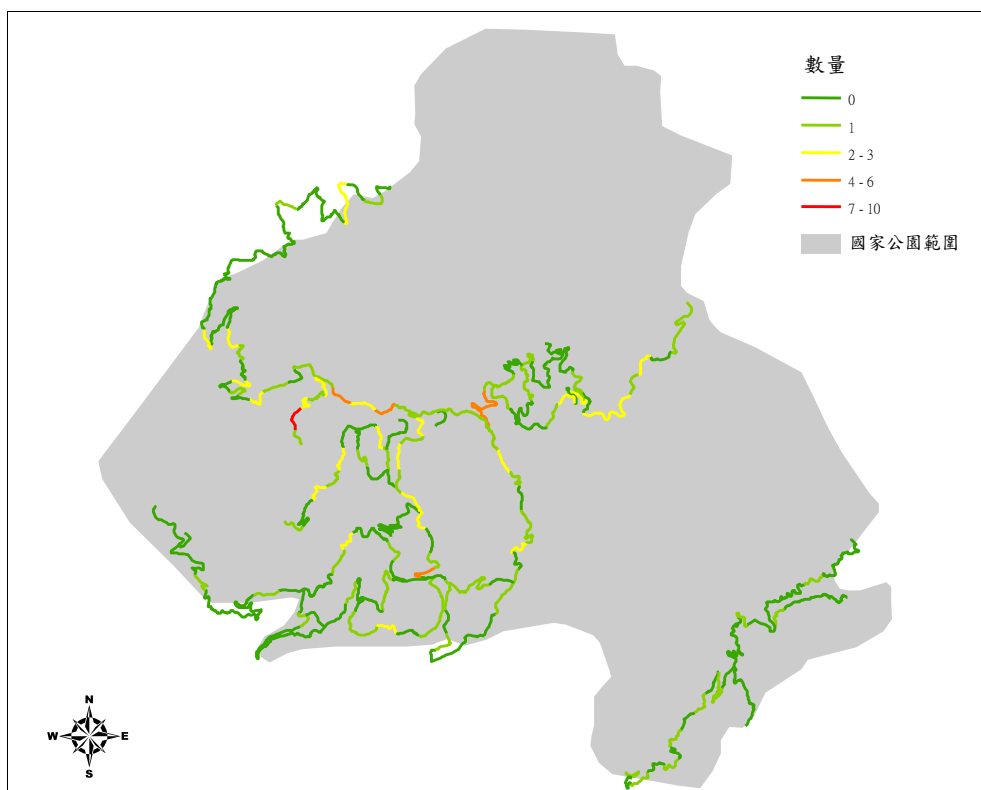
(資料來源：本研究)

不同類群的動物有不同的車禍熱點，以下就各類群分述：

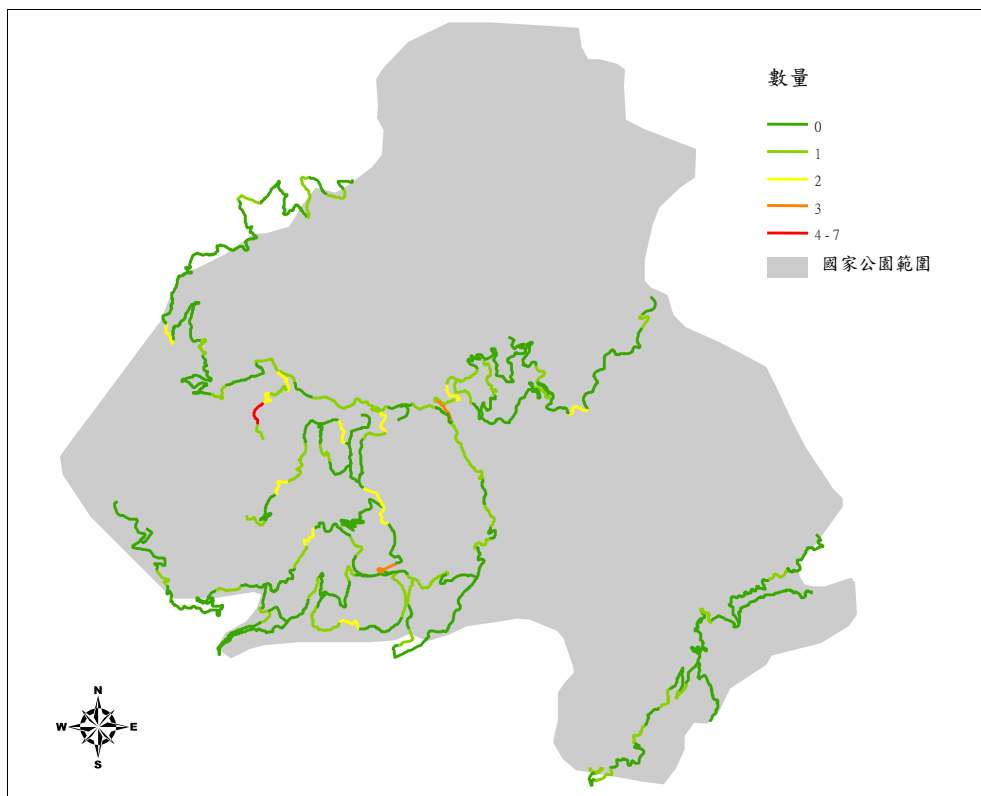
(1)哺乳類(圖 3-3)：哺乳類屍體在大屯山車道最多，較常在該路段被拾獲的哺乳動物包括小獸類(包括齧齒目的鼠及松鼠、鼯形目的尖鼠等)及翼手目的蝙蝠。除此之外，哺乳動物屍體較多的路段尚有：巴拉卡公路自鞍部氣象站至陽金公路口(有較多蝙蝠)、陽金公路自中湖戰備道路口至後山產業道路口(有較多蝙蝠及小獸

類)、以及陽金公路南端起點至國家公園管理處(有較多小獸類)等路段。

(a) 哺乳類



(b) 小獸類



(c) 翼手目(蝙蝠)

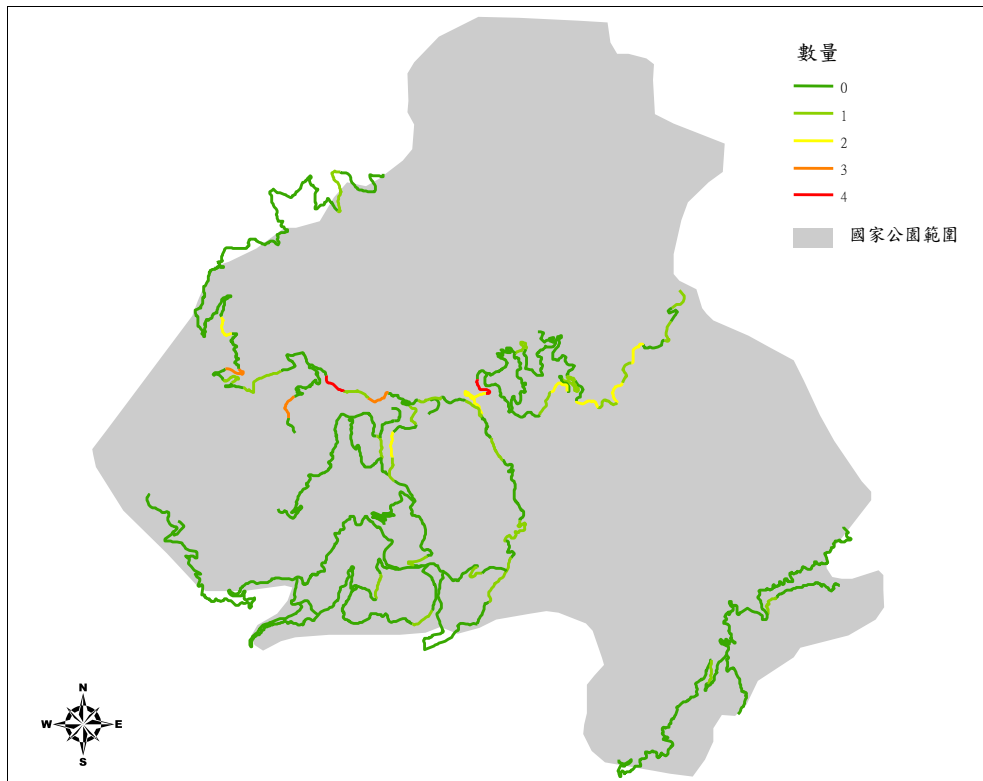


圖 3-3.哺乳動物屍體分布

(a) 所有哺乳類動物；(b)小獸類；(c)翼手目(蝙蝠)

(資料來源：本研究)

(2)鳥類(圖 3-4)：鳥類的屍體數量較少，且分布地點零星。拾獲量最多的路段為國家公園邊緣的格致路中國麗緻飯店至福壽橋路段，但也只有 4 隻個體的紀錄。

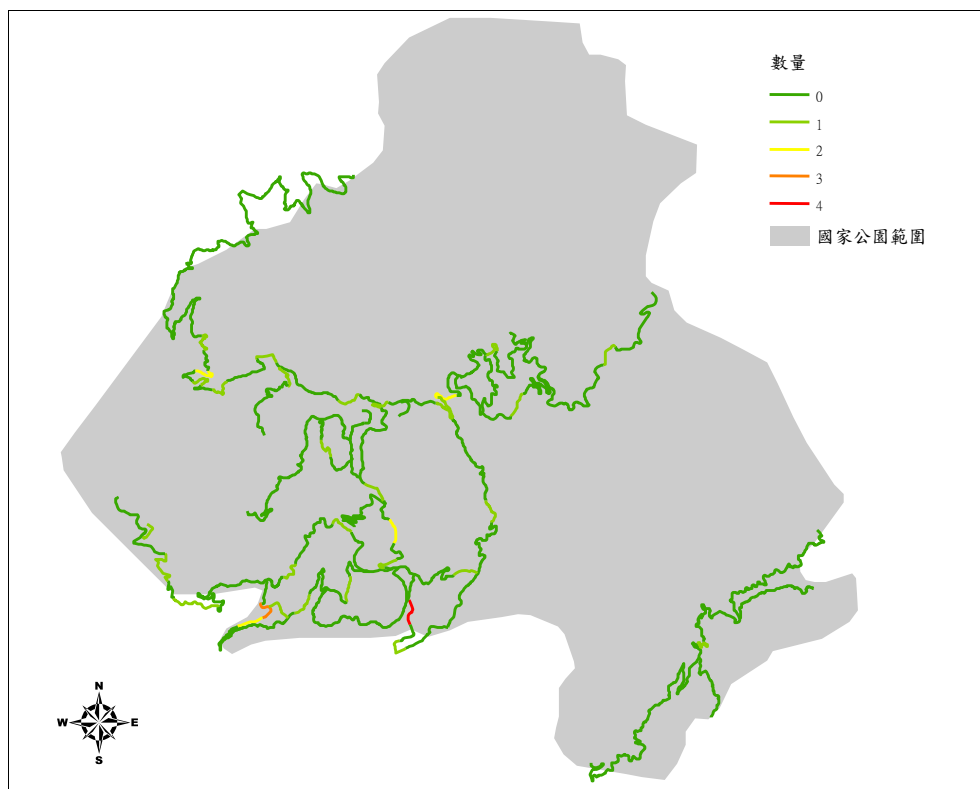
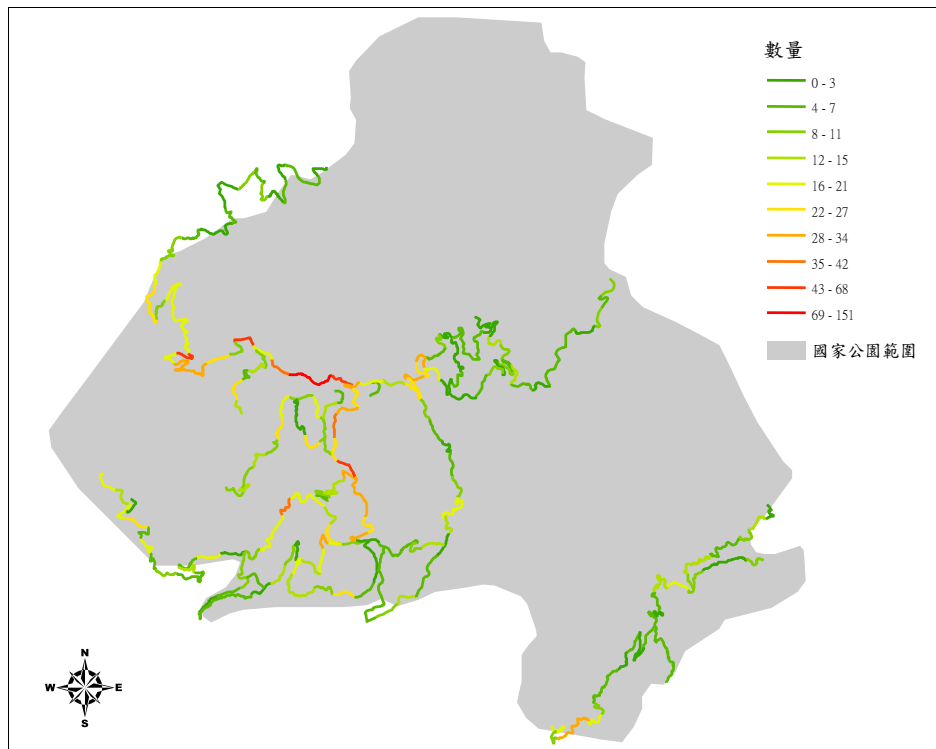


圖 3-4. 鳥類屍體分布

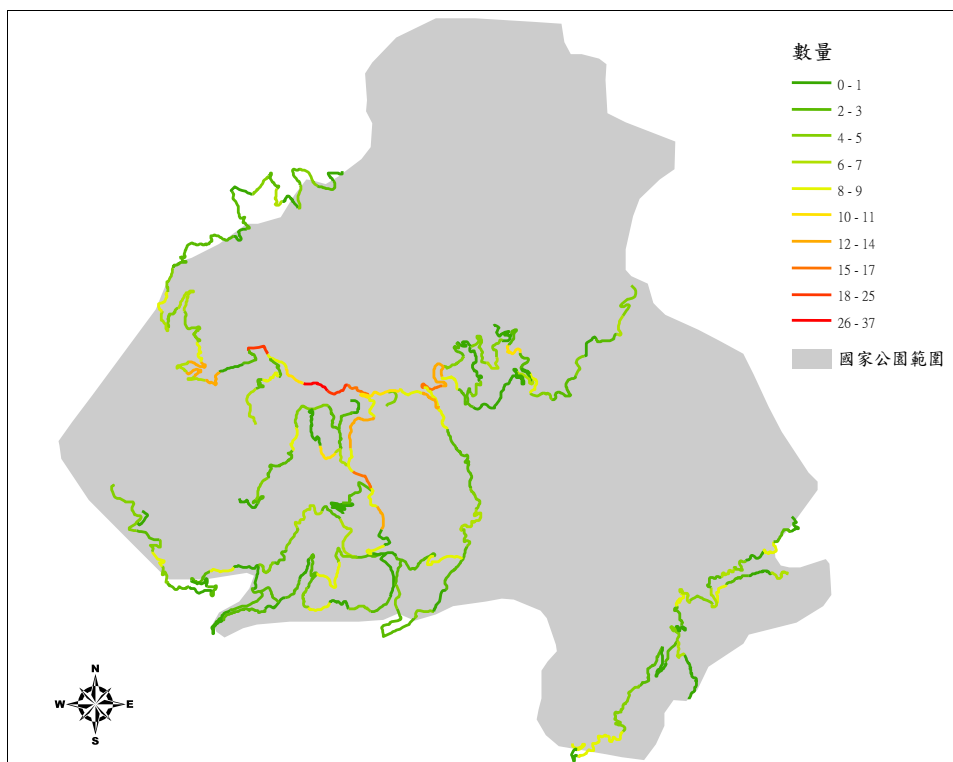
(資料來源：本研究)

(3)爬行類(圖 3-5)：爬行類動物數量較多的為蛇與蜥蜴兩大類，龜鱉類則數量很少且分佈零散。爬行類動物的屍體廣泛出現在各路段，但以巴拉卡公路及陽金公路的死傷最為嚴重。其中巴拉卡公路爬行類屍體數量較多的路段包含：鞍部氣象站至陽金公路岔路口(蛇及蜥蜴均多)、二子坪至大屯自然公園(蛇及蜥蜴均多)、6K-6.5K(蜥蜴較多)。陽金公路屍體數量較多的路段有：中興路口至竹子湖(蛇及蜥蜴均多)、小油坑橋往竹子湖方向 1 公里內的路段(蛇及蜥蜴均多)。除了上述兩條爬行動物屍體最多的道路之外，東昇路的雷隱橋至竹湖社區路段、中興路自陽金公路口往陽明書屋方向 0.5 公里內的路段也有為數不少的蜥蜴屍體被拾獲。

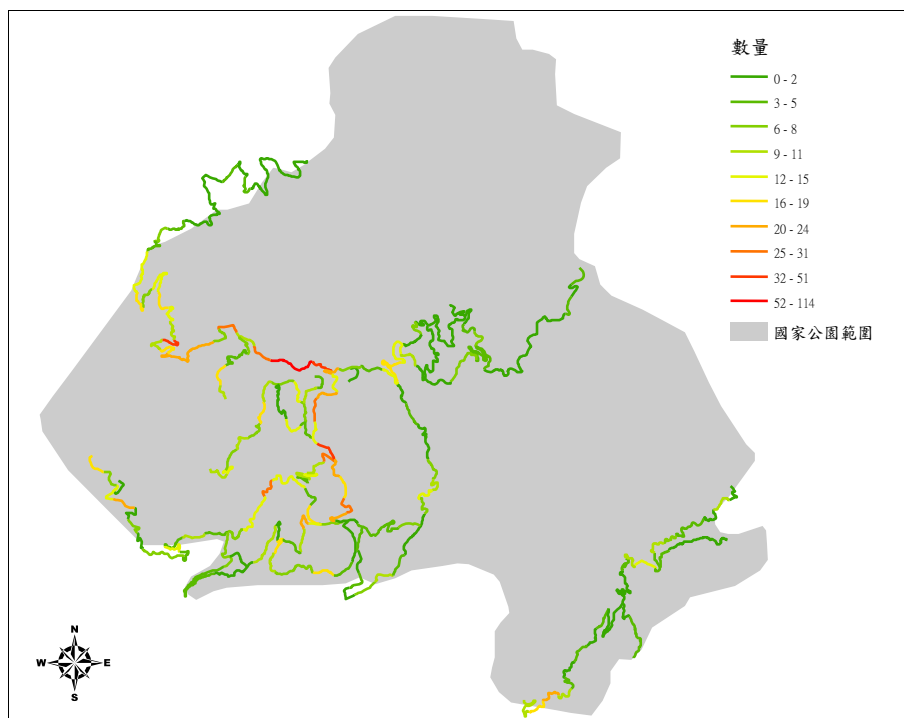
(a)所有爬行動物



(b)蛇類



(c) 蜥蜴類



(d) 龜鱉類

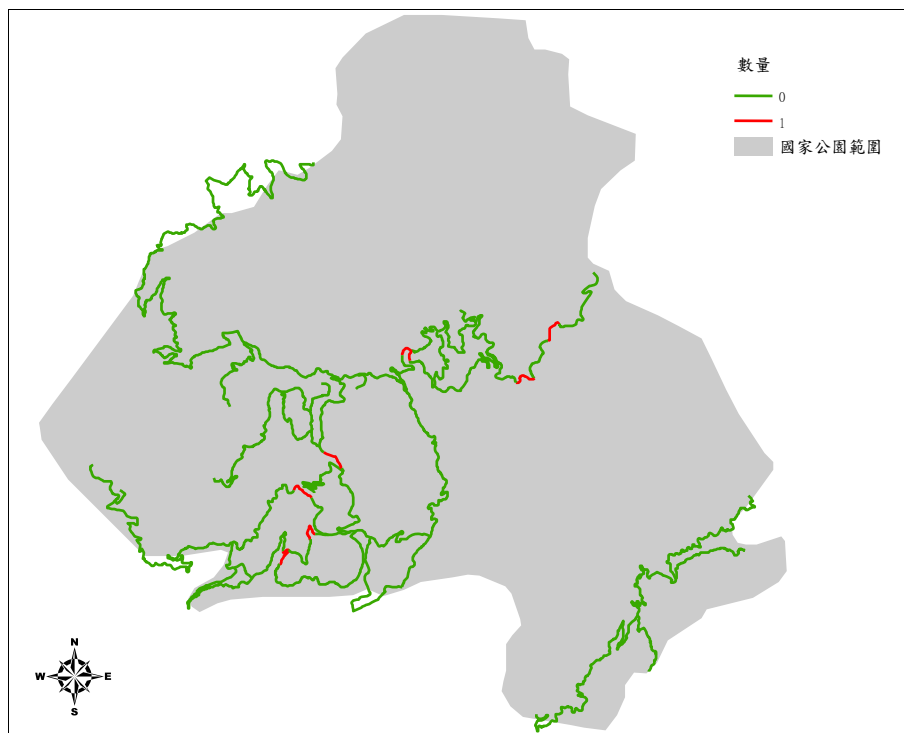


圖 3-5. 爬行類動物屍體分布

(a)所有爬行動物；(b)蛇類；(c)蜥蜴類；(d)龜鱉類

(資料來源：本研究)

(4)兩生類(圖 3-6)：兩生類動物的屍體廣泛出現在國家公園範圍內各路段，數量較多的路段包括巴拉卡公路(6K-6.5K、8K-9K 路段及二子坪至陽金公路口)、陽金公路(中興路口至竹子湖、小油坑橋至後山產業道路口)、台北縣道 28 號(10K-14K)，萬溪產業道路(0K-2.5K)以及大屯山車道(1K 至道路終點)。

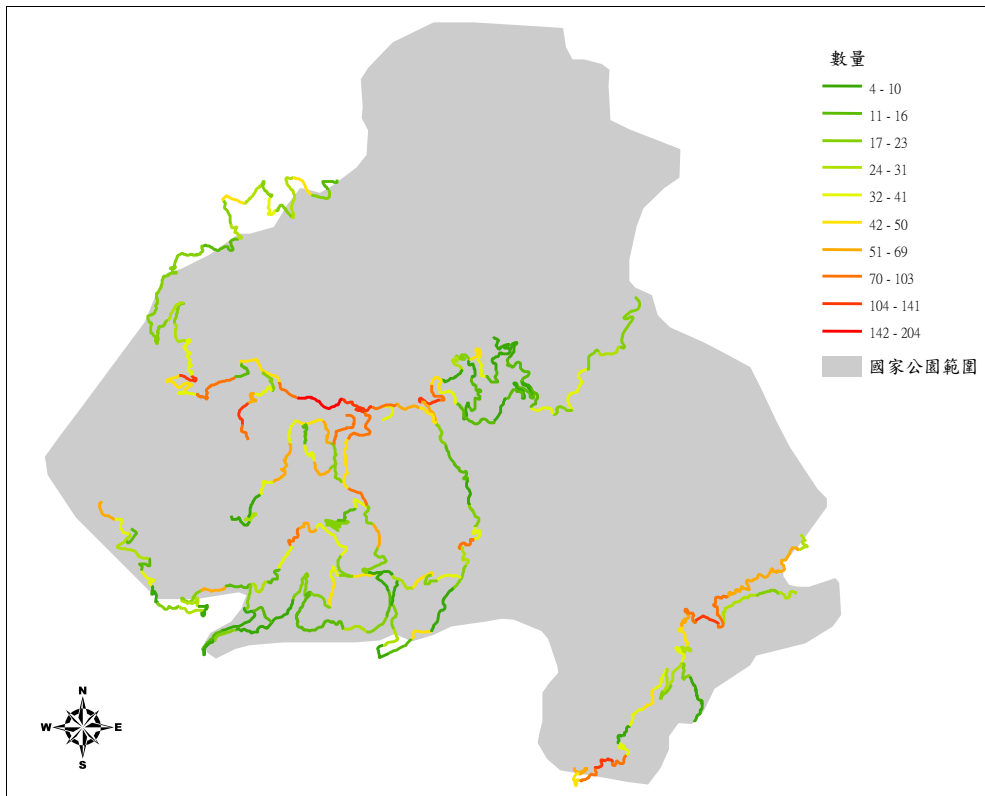


圖 3-6.兩生類屍體分布

(資料來源：本研究)

第三節 動物車禍與道路結構及環境因子的相關性分析

1) 哺乳類(表 3-1)：

環境因子的部分，在複迴歸分析中，哺乳動物屍體數量與海拔高度、道路兩側 50 公尺範圍內森林面積比例及與主要川之距離這三項變數呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路特徵的影響後，只有與海拔高度的相關性仍維持顯著。道路特徵因子部分，在複迴歸分析中，哺乳動物屍體數量與擋土牆比例、兩側下坡的路段比例、一側上坡的路段比例三項變數均呈現負相關，與矮護欄的比例則呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，上述的相關性皆不顯著。

表 3-1. 哺乳動物屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Alt	0.002	<0.001	0.002	<0.001
	LC50_forest	0.805	0.013	0.206	0.467
	River	0.001	0.031	0.001	0.140
道路特徵因子	RSTP_4	-2.283	0.007	-1.386	0.055
	S_barrier	1.148	0.005	0.170	0.653
	Wall	-0.657	0.015	-0.082	0.722
	RSTP_2	-2.586	0.050	-1.098	0.376

(資料來源：本研究)

由於哺乳類中數量較多的小獸類及蝙蝠，彼此的行為及生態屬性極不相同，故亦將這兩類哺乳動物分別進行與環境因子及道路特徵因子的相關性分析。

在與環境因子的複迴歸分析中，小獸類屍體數量與海拔高度、道路上方植被

覆蓋度兩項因子呈現正相關，與道路兩側 100 公尺內的果園及園藝用地面積比例則呈負相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，與道路上方植被覆蓋度的相關性即消失。在與道路特徵因子的複迴歸分析中，小獸類屍體數量與擋土牆的比例、兩側下坡的路段比例、一側上坡的路段比例三項變數均呈現負相關，與矮護欄的比例則呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，與兩側下坡路段比例的相關性即消失(表 3-2)。

表 3-2.小獸類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Alt	0.002	<0.001	0.001	0.001
	LC100_orchard	-1.731	0.039	-1.657	0.039
	vg_cover	0.091	0.044	0.040	0.348
道路特徵因子	S_barrier	0.975	0.002	0.595	0.011
	RSTP_4	-1.535	0.008	-1.268	0.007
	RSTP_2	-1.605	0.049	-0.827	0.314

(資料來源：本研究)

在與環境因子的複迴歸分析中，蝙蝠屍體數量與海拔高度、道路兩側 50 公尺範圍內的林面積比例呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，僅與海拔高度仍有相關。在與道路特徵因子的複迴歸分析中，蝙蝠屍體數量與擋土牆的比例呈負相關，與一側上坡一側下坡的路段比例則呈現正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，上述的相關性均消失(表 3-3)。

表 3-3.蝙蝠屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Alt	0.001	<0.001	0.001	0.001
	LC50_forest	0.659	0.002	0.396	0.062
道路特徵因子	Wall	-0.579	0.001	-0.335	0.080
	RSTP_3	0.454	0.030	0.098	0.570

(資料來源：本研究)

2) 鳥類(表 3-4)：

環境因子部分，在複迴歸分析中，鳥類屍體的數量與道路兩側 100 公尺範圍內其他裸露地面積比例及果園與園藝用地面積比例呈正相關，以淨迴歸分析排除道路特徵因子的影響後，這兩項相關性仍然維持顯著。道路特徵因子的部分，在複迴歸分析中鳥類屍體的數量與擋土牆的比例有負相關，與人行道的比例則有正相關，以淨迴歸分析排除環境因子的影響後，這兩項相關性亦仍然維持顯著。

表 3-4.鳥類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	LC100_bare	2.687	0.004	2.250	0.012
	LC100_orchard	1.268	0.032	1.222	0.032
道路特徵因子	Wall	-0.366	0.003	-0.355	0.003
	Sidewalk	0.460	0.013	0.362	0.043

(資料來源：本研究)

3) 爬行類(表 3-5)：

環境因子的部分，在複迴歸分析中，爬行動物屍體數量與變數海拔高度、坡

度、道路上方植被覆蓋度、道路兩側 100 公尺範圍內其他裸露地面積比例、與主要河川距離均呈正相關，與道路兩側 50 公尺範圍內灌草地的面積比例、道路兩側 50 公尺範圍內道路的面積比例、道路兩側 100 公尺範圍內農耕地的面積比例及北向值均呈負相關。使用淨迴歸分析排除道路特徵的影響後，與道路兩側 50 公尺範圍內道路的面積比例、道路兩側 100 公尺範圍內農耕地的面積比例及北向值這 3 個變數的相關性即消失。

道路特徵因子部分，在複迴歸分析中，爬行動物屍體數量與擋土牆的比例、水溝的比例、欄杆狀護欄的比例、路燈數量有負相關，與一側上坡一側下坡的路段比例則呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，上述的相關性僅有與擋土牆比例的負相關仍然顯著，其餘相關性均消失。

表 3-5. 爬行動物屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Slope	0.812	0.001	0.478	<0.001
	Alt	0.045	0.001	0.027	<0.001
	vg_cover	1.846	0.001	1.755	<0.001
	LC50_grass	-25.894	0.002	-21.098	0.005
	LC50_road	-151.097	0.013	-103.860	0.091
	LC100_bare	44.103	0.019	44.888	0.012
	River	0.015	0.026	0.015	0.027
	Northward	-5.666	0.048	-4.092	0.154
	LC100_agri	-16.853	0.022	-11.530	0.126
道路特徵因子	Wall	-16.596	0.001	-9.095	<0.001
	RSTP_3	19.939	0.001	-0.274	0.556
	Drain	-8.381	0.020	-2.624	0.228
	Railing	-20.32	0.012	-4.865	0.452
	Light	-0.426	0.030	0.069	0.632

(資料來源：本研究)

若將蛇類與蜥蜴類分別考慮，在與環境因子複迴歸分析中，蛇類的屍體數量與海拔高度、坡度、道路兩側 50 公尺範圍內森林面積比例三項變數呈正相關，與道路兩側 50 公尺範圍內道路面積比例及北向值則呈負相關。使用淨迴歸分析排除道路特徵的影響後，僅有和海拔高度及道路兩側 50 公尺範圍內道路面積比例兩個變數的相關性仍存在(表 3-6)。

道路特徵因子部分，在複迴歸分析中，蛇類屍體數量與與擋土牆的比例、水溝的比例、欄杆狀護欄的比例、路燈數量有負相關，與一側上坡一側下坡的路段比例則呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，僅有與擋土牆比例的負相關仍然顯著，其餘相關性均消失。

表 3-6.蛇類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Alt	0.010	<0.001	0.005	0.005
	LC50_road	-41.506	<0.001	-31.433	0.001
	Slope	0.106	0.001	0.028	0.233
	LC50_forest	3.711	0.015	1.927	0.235
	Northward	-1.388	0.012	-1.053	0.055
道路特徵因子	Wall	-4.686	<0.001	-2.760	0.002
	RSTP_3	4.938	<0.001	0.660	0.878
	Light	-0.140	0.010	-0.007	0.988
	Railing	-5.481	0.032	-2.006	0.437
	Drain	-1.806	0.020	-1.140	0.105

(資料來源：本研究)

爬行動物中蜥蜴類的部分(表 3-7)，在與環境因子複迴歸分析中，屍體數量與海拔高度、坡度、道路上方植被覆蓋度、與主要河川之距離、道路兩側 100

公尺範圍內其他裸露地面積比例五項變數呈正相關，與道路兩側 50 公尺內灌草地面積比例、道路兩側 100 公尺範圍內道路面積比例及北向值則呈負相關。使用淨迴歸分析排除道路特徵的影響後，僅有和道路兩側 100 公尺範圍內道路面積比例及北向值兩個變數的相關性消失，其餘相關性均仍顯著。

道路特徵因子部分，在複迴歸分析中，蜥蜴屍體數量與變數與擋土牆的比例、水溝的比例、欄杆狀護欄的比例、路燈數量有負相關，與一側上坡一側下坡的路段比例則呈正相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，僅有擋土牆比例的負相關仍然顯著，其餘相關性均消失。

表 3-7.蜥蜴屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Slope	0.737	<0.001	0.476	<0.001
	Alt	0.034	<0.001	0.021	<0.001
	vg_cover	2.458	<0.001	2.193	<0.001
	LC50_grass	-21.476	0.004	-18.197	0.003
	River	0.014	0.013	0.014	0.010
	LC100_bare	39.740	0.026	40.330	0.023
	LC100_road	-96.941	0.009	-61.874	0.112
	Northward	-2.788	0.047	-1.954	0.205
道路特徵因子	Wall	-11.884	0.003	-6.161	0.003
	RSTP_3	14.936	0.003	-0.354	0.563
	Drain	-6.588	0.009	-1.436	0.408
	Railing	-14.817	0.024	-3.947	0.440
	Light	-0.293	0.050	0.060	0.599

(資料來源：本研究)

5) 兩生類(表 3-8)：

環境因子的部分，在複迴歸分析中，兩生類屍體數量與變數海拔高度、坡度、山溝與道路的交點數均呈正相關，與道路兩側 50 公尺範圍內的冠草地面積比例呈負相關。使用淨迴歸分析排除道路特徵的影響後，只剩與海拔高度與坡度的相關性仍為顯著。

道路特徵因子部分，在複迴歸分析中，兩生類屍體數量與一側上坡一側下坡的道路比例呈正相關，與構造物的比例則呈現負相關。但在使用淨迴歸分析排除道路環境因子的影響後，上述的相關性僅有與構造物比例的負相關仍然顯著。

表 3-8.兩生類屍體數量與環境因子及道路特徵因子的相關性分析

解釋因子	複迴歸分析		淨迴歸分析		
	迴歸係數	顯著值(P)	迴歸係數	顯著值(P)	
環境因子	Slope	1.994	<0.001	1.456	<0.001
	Alt	0.081	<0.001	0.065	<0.001
	LC50_grass	-33.320	0.035	-20.094	0.220
	Gully	2.428	0.033	2.036	0.078
道路特徵因子	RSTP_3	34.970	<0.001	2.685	0.976
	Structure	-29.930	0.002	-19.313	0.024

(資料來源：本研究)

變異解析(variation partitioning)的結果(表 3-9)，發現在各個動物類群中，車禍屍體數量的空間分佈皆顯著有可純粹由環境因子解釋的部分，但可純粹由道路特徵因子解釋的部分，則只有在鳥類、哺乳類中的小獸類、爬行類中的蛇與蜥蜴為顯著，在其他類群中則不顯著。在總解釋變異量的部分，現有因子對爬性類動物屍體總數及蜥蜴類屍體能解釋的變異量較高，而在其他動物類群的分析中，無

論環境因子或道路特徵因子的解釋效力均偏低，無法解釋的變異偏高。另外，就整體而言，環境因子的解釋效力普遍較道路特徵因子高。

表 3-9.變異解析的結果

動物類群	各類因子解釋變異比重			
	(1)	(2)	(3)	(4)
鳥類	0.04*	0.05*	0.01	0.89
哺乳類	0.10*	0.01 ^{ns}	0.09	0.80
小獸類	0.06*	0.06*	0.07	0.81
蝙蝠	0.07*	0.01 ^{ns}	0.05	0.87
爬行類	0.33*	0.03*	0.16	0.48
蛇	0.13*	0.05*	0.14	0.68
蜥蜴	0.35*	0.02*	0.14	0.48
兩生類	0.21*	0.01 ^{ns}	0.08	0.70

各類因子解釋變異比重：(1)純粹可由環境因子解釋的部分；(2)純粹可由道路特徵因子解釋的部分；(3)環境因子與道路特徵可共同解釋的部分；(4)無法解釋的部分。

(資料來源：本研究)

第四章 討論與建議

第一節 動物車禍調查及熱點分布

本調查在 29 週次中拾獲 11108 隻動物屍體，平均每公里每次可拾獲 3.47 隻，遠高於歷年陽明山國家公園調查得到的結果，以 2001 及 2003 年的調查為例，平均每公里分別僅拾獲 0.13 隻及 0.15 隻(黃光瀛 2001, 2003)，本年度的調查結果每公里拾獲隻數分別為這兩個年度的 26.9 倍及 23.1 倍。而其中又以兩生類的拾獲數量差異最大，其次為蜥蜴及蛇類。Puky(2006)比較過去諸多動物車禍研究後認為，調查方式及速度會影響調查中拾獲的兩生類數量，許多採用步行或騎腳踏車進行的調查研究，拾獲的兩生類動物數量都遠高於以開車進行調查所得。Slater(2002)同時採用不同的調查方式進行方法上的比較，先以開車的方式調查，再以徒步方式檢查調查中是否有遺漏的動物屍體，結果開車調查拾獲的數量僅為徒步調查時的 18%。在歷年陽明山國家公園內的調查中，調查方式皆為騎乘摩托車以定速(15-25km/hr)進行，雖然整體而言與本研究(10-30km/hr)差異不大，但在本研究實際進行的過程中，大部分的時候是以靠近速度下限(10km/hr)的速度進行，可能因此拾獲較多的屍體。另外屍體的大小及腐爛分解程度也會影響被察覺的機率，兩生類與小型爬行類動物屍體在道路上腐爛分解速度很快，已部分分解的屍體，在調查速度稍快的時候被忽略的機會也會增加，可能也可部分解釋本研究與過去研究在兩生類數量上的差異。

雖然在本研究中拾獲的動物屍體總數為一萬一千多隻，但實際上此數值仍為一個低估的相對數值，由於動物在道路上死亡後會隨時間腐敗分解，故許多動物屍體可能在被調查人員紀錄到之前就已經消失了。本研究的調查頻度為 1 週 1 次，假設以動物屍體在道路上平均保留時間為 3 天來做估算(黃光瀛 個人通訊)，

調查期間實際死亡的動物數量，應約為觀察到數量的 2.3 倍(7/3)，超過兩萬五千隻。此結果顯示動物車禍問題實為國家公園野生動物保育上重大的課題。

本研究並指出了各類野生動物發生車禍的熱點路段，可作為國家公園執行保育措施(如建立動物穿越涵洞)時的參考。但這些熱點路段只是動物車禍發生機率相對較高，其餘的路段只是車禍發生機率相對較低，並非動物車禍就不嚴重。在本年度調查中，有一半以上的路段，在 0.5 公里內即拾獲超過 30 隻的動物屍體，亦即在這些路段裡，平均每次調查可拾獲大於 1 隻的動物屍體。當在判定保育上的優先順序時，固然應以熱點路段作為保育的優先目標，但就長遠而言，其餘路段也應該有適當的保育措施。

第二節 環境因子與道路特徵的影響

從動物車禍屍體數量與環境因子及道路特徵的相關性分析結果可以發現，影響動物發生車禍的因素，以純粹由環境因子造成的影響最為重要(淨迴歸分析結果)。道路兩側的天然環境會影響動物分佈的種類和數量，進而影響道路上發生動物車禍的動物種類與頻度。而純粹由道路特徵造成的影響比重則較低(淨迴歸分析結果)。從變異解析的結果可發現，造成道路特徵因子解釋變異量較低的原因，是因為動物屍體的數量變異中，有很高的比重是可以由道路特徵因子和環境因子共同解釋的，代表環境因子和道路特徵因子之間有相當程度的相關性。這種情形下，動物車禍發生的頻度差異，可能由兩種不同的機制造成：1)環境因子影響道路特徵，而道路特徵又進而影響動物發生車禍的機會；2)環境因子同時直接影響動物車禍發生機會及道路特徵。上述兩種可能性在本研究的分析中並無法區辨，但若第 1 項機制成立，則在複迴歸分析中顯著、但在淨迴歸分析中不顯著的道路特徵因子，則仍有解釋及應用上的價值；反之，若是第 2 項機制成立，則在複迴歸分析中顯著、但在淨迴歸分析中不顯著的环境因子重要性則較道路特徵因

子高。

在變異解析結果中亦發現無法解釋的變異偏高，顯示可能尚有其他未納入分析的影響因子存在，例如車流量、動物本身的隨機播遷、不同地區動物分解速率的差異、其他未納入分析的環境或道路特徵因子影響、調查方法上的偏差等等。其中車流量在過去其他相關研究中被認為是影響動物車禍致死量一個非常重要的因子(Trombulak and Frissel 2000)，從本研究的熱點調查中亦可發現車流量可能與熱點分布有潛在的相關性，例如陽金公路南段的動物屍體數量遠多於北段，可能即與車流量有潛在相關。然而目前並沒有涵蓋本研究所有調查的路段的車流量資料，故無法藉由統計分析直接探討車流量的影響。

從動物車禍屍體數量和環境因子及道路特徵的相關性分析中，有許多的相關性被發現，這些相關性中有一些並非研究進行前所預期看到的結果，以目前暨有的研究資訊並無法完全說明造成這些相關性的發生原因為何，尚需針對各種動物的行為及生活史進行研究，才能得到進一步的瞭解。但相關性分析的結果，仍然可以提供許多訊息，以幫助保育策略的擬定，依照不同動物類群說明如下：

1) 哺乳類：

哺乳動物中小獸類的屍體，在果園及園藝用地附近較少，在道路上方植被覆蓋度較高的路段較多，顯示國家公園內的小獸類偏好在植被較茂密的區域活動。另外在道路特徵部分，小獸類屍體常出現在道路旁有矮護欄的路段，可能反映部分小獸類偏好沿著突起物邊緣行進有關，但為何其它類型的護欄，如連續型護欄或擋土牆，並未影響小獸類動物屍體的數量，則不得而知。另外道路兩側地形影響小獸類屍體數量的理由亦有待進一步研究。哺乳類動物中的蝙蝠屍體出現在道路兩側森林面積較多的路段，另外在道路特徵部分，在有擋土牆的路段蝙蝠的屍

體較少(鳥類也有同樣的趨勢)，推測是因為擋土牆改變了蝙蝠的飛行動線，迫使蝙蝠在飛越道路的時候飛得較高，而減少了發生車禍的機會。儘管在蝙蝠車禍發生頻繁的路段設置擋土牆或其他較高的圍牆，可能可使蝙蝠在穿越道路時避開被撞擊的風險區，但擋土牆或圍牆也會造成其它地棲動物(如兩生、爬行類)無法通過道路，使道路兩側族群更加隔離；因此除非有適當的配套措施(例如在設置擋土牆或圍牆的路段增設涵洞讓地棲動物使用)，並不建議增設擋土牆。

2) 鳥類：

鳥類的屍體數量在道路兩側為開闊地及果園及園藝用地時較多，而發生車禍的鳥類主要也以出現在果園及次生林的普遍鳥種如白頭翁、綠繡眼、山紅頭為主，而且致死數量不高。道路特徵的影響方面，鳥類屍體的數量以有人行道的路段較高，陽明山國家公園內兩側有人行道的路段並不多，且多為車流量較大的主要道路(如格致路)，推測可能是由於較高的車流量導致鳥類容易發生車禍，而非人行道的直接影響。另外在有擋土牆的路段鳥類的屍體較少(哺乳類的蝙蝠也有同樣的趨勢)，可能也與擋土牆改變鳥類的飛行動線有關(請參考前面有關蝙蝠之討論)。但擋土牆或圍牆的設置可能造成其它地棲動物無法通過道路，故在無合適的配套措施時(例如在同一路段增設地下廊道)，不宜單獨採用作為減少鳥類車禍的設置。

3) 爬行類：

過去研究發現，由於柏油路面在白天較能吸收並保留陽光的輻射熱，故在夜間柏油路面常較兩側地面溫暖。爬行類動物由於屬於外溫動物，故常常藉由停留在柏油路面上以調節體溫，以至於發生車禍(Vijayakumar et al 2001)。本研究發現爬行動物的屍體與北向值呈負相關，顯示在向陽坡面的爬行動物屍體較多，亦

可能是基於爬行動物體溫調節的理由。因此，建立地下涵洞作為爬行動物穿越道路的廊道，成效可能極為有限。黃光瀛(2005)針對國家公園內暨有動物穿越廊道進行監測，亦發現穿越的爬行動物比例相當低。故建議在爬行動物死傷較多的路段，嘗試性地提供不同類型的動物廊道(如陸橋)供爬行動物使用，並監測其被爬行動物使用的情形，以作為是否加以推廣的依據。

另一方面，在道路兩側有水溝或擋土牆的路段，爬行動物的屍體較少，顯示擋土牆及水溝似乎對爬行動物有阻絕的作用，使爬行動物較不容易抵達道路上。然而在實際執行上，並不應該因此就增設擋土牆或水溝，因為藉由阻絕方式減少動物車禍發生，雖然可能減少動物的死傷，但卻會增加道路兩側族群的隔絕程度。在道路兩側沒有水溝或擋土牆的路段，增設能讓爬行動物通過的通道，則為較適當的做法。另外，也可適當的以道路兩側水溝為導引措施，誘導動物經由安全通道通過道路。

4) 兩生類：

兩生類屍體的數量與流經道路的山溝數目有正相關，顯示這些廣佈在山區間歇性有水的山溝，其實提供兩生類作為重要的棲息環境及散播孔道。而在這些山溝與道路交會處，少數設有橋樑或較大型的涵洞，較利於兩生類從道路底下通過。但大部分的交會處只是在道路底部設置狹窄的排水管道，並不利於兩生類通過，兩生類在沿山溝移動時可能因此受阻，轉而進入路面，以致動物車禍的發生。故建議改良暨有通過道路的排水管道，在安全許可的情況下，盡量以較寬的排水用涵洞，使這些排水管道同時具有動物廊道的功能。另外由於兩生類動物屍體數量亦與道路兩側構造物有負相關，顯示各種構造物亦對兩生類有阻絕作用，故在山溝與道路交會處的道路兩側可增設隔離網或擋板，以避免兩生類從交會處進入路面，並可導引兩生動物經由排水涵洞通過道路。

第三節 未來其它研究方向

道路對於野生動物族群的影響，包括直接致死以及族群切割兩部分。在本研究中直接探討了國家公園內動物車禍發生的情況以及可能影響因子，但是在族群切割方面，則沒有直接的探討。

動物在穿越道路時，有可能因為車禍而致死，但也有機會通過道路，若某路段動物車禍量高的原因，是因為道路周邊的野生動物數量豐富，則在該路段亦可能有較多的動物順利通過道路。另一方面，動物車禍少的路段，可能是因為動物穿越道路時發生車禍的機會低，但亦有可能因為動物完全不穿越道路。故動物車禍發生量，與道路兩側動物族群是否受到嚴重切割，並非必然有相關性。

本研究發現，陽明山國家公園範圍中，有許多中兩生及爬行動物遭受到嚴重的動物車禍，例如爬行類中的黃口攀蜥、印度蜓蜥、鈍頭蛇，以及兩生類中的盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙、拉都希氏赤蛙等。故針對這些受到動物車禍影響較鉅的物種，利用分子生物學方法，探討道路兩側是否有族群切割分化的問題，有助於擬定對於這些物種的保育策略，是未來值得進行的研究方向。

第四節 建議事項

建議一

加強宣導教育：立即可行建議

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：陽明山國家公園內及周邊地區各級學校、中華民國國家公園學會、其他民間保育團體

陽明山國家公園緊鄰台北都會區，園區內平日交通流量即頗高，例假日時又吸引

眾多遊客，交通流量更為驚人。故有必要增加對當地居民及入園遊客的宣導教育，例如提供解說摺頁、解說牌、解說人員演講，或製作介紹性的卡通短片等，使入園民眾更了解園區內動物車禍的嚴重性，並鼓勵民眾多以大眾運輸工具入園，以減少園內道路的交通流量。

建議二

進行道路對野生動物族群切割相關之族群遺傳學研究：立即可行建議

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：中華民國國家公園會、國內各大專院校或研究機構中相關研究單位

選定本研究中所發現動物車禍發生情形較為嚴重的物種(如盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙)進行族群遺傳學研究，以確認是否因為道路切割及動物車禍造成族群破碎化。

建議三

設置動物穿越涵洞：中長期建議

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：台北市政府工務局養護工程處

依據本研究所發現的動物車禍發生熱點路段範圍(請參考熱點分析之結果)，設置或改良動物穿越涵洞，以利野生動物通行，減少動物車禍死傷數量。

建議四

在爬行動物車禍發生熱點設置陸橋：中長期建議

主辦單位：陽明山國家公園管理處

協辦單位：台北市政府工務局養護工程處

由於爬行類動物較少利用地下涵洞穿越道路，故建議在爬行動物車禍熱點(請參考熱點分析之結果)，嘗試性的設置陸橋供爬行動物通行，並長期監測其被使用

情形，以作為是否加以推廣設置的依據。另一方面，可諮詢國內外研究爬行類動物的專家學者，針對爬行動物設計合適的廊道。

致謝

本研究得以順利完成，首先要感謝陽明山國家公園管理處提供計畫經費。除此之外，陽明山國家公園保育課黃光瀛先生(借調營建署)及張弘明先生提供行政支援，企劃課陳智真小姐協助檢索及取得研究所需的地理資訊圖層，國立台灣大學生命科學系李玲玲教授及黃俊嘉先生協助哺乳類動物辨識，賴亦德先生協助部分蛇類辨識，中華民國國家公園學會徐雅慧小姐協助行政業務，中央研究院生物多樣性中心鳥類研究室成員對報告內容提供諸多意見。由於上述諸位的協助，本研究才能順利進行，謹此致謝。

附錄一. 動物車禍屍體調查結果之哺乳類名錄

目	科	種		數量
		中名	學名	
齧齒目	松鼠科	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>	6
		不確定種類		1
	鼠科	刺鼠	<i>Niviventer coxingi</i>	35
		不確定種類		3
食肉目	貂科	鼬獾	<i>Melogale moschata</i>	1
	不確定科別	不確定種類		1
齧形目	鼯鼠科	台灣鼯鼠	<i>Mogera insularis</i>	15
	尖鼠科	錢鼠	<i>Suncus murinus</i>	1
		台灣灰麝鼯	<i>Crocidura tanakae</i>	2
		麝鼯屬不確定種類	<i>Crocidura sp.</i>	23
		不確定種類		4
翼手目	蹄鼻蝠科	台灣小蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus monoceros</i>	6
	葉鼻蝠科	台灣葉鼻蝠	<i>Hipposideros terasensis</i>	9
	蝙蝠科	摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii</i>	12
		台灣管鼻蝠	<i>Murina puta</i>	2
		鼠耳蝠 sp1	<i>Myotis sp. 1</i>	1
		不確定種類		18
	不確定科別	不確定種類		15
不確定	不確定科別	不確定種類		8

(資料來源：本研究)

附錄二. 動物車禍屍體調查結果之鳥類名錄

目	科	種		數量
		中名	學名	
鴿形目	鳩鴿科	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	3
鴉形目	鴉科	領角鴉	<i>Otus bakkamoena</i>	1
雀形目	扇尾鶯科	褐頭鶯	<i>Prinia inornata</i>	1
	鶉科	紅嘴黑鶉	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	2
		白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	5
	畫眉科	小彎嘴畫眉	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	1
		山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	7
		繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	1
		粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	1
	繡眼科	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	7
	鵲鴿科	灰鵲鴿	<i>Motacilla cinerea</i>	2
	不確定科別	不確定種類		14

(資料來源：本研究)

附錄三.動物車禍屍體調查結果之爬行類名錄

目	科	種		數量
		中名	學名	
有鱗目 蜥蜴亞目	壁虎科	不確定種類		106
	飛蜥科	黃口攀蜥	<i>Japalura polygonata</i>	1315
		斯氏攀蜥	<i>Japalura swinhonis</i>	6
		不確定種類		2
	正蜥科	翠斑草蜥	<i>Takydromus</i> sp. nov. 1	13
		不確定種類		2
	石龍子科	台灣中國石龍子	<i>Eumeces chinensis</i>	2
		麗紋石龍子	<i>Eumeces elegans</i>	32
		印度蜓蜥	<i>Sphenomorphus indicus</i>	428
		不確定種類		10
	不確定科別	不確定種類		40
	有鱗目 蛇亞目	黃頷蛇科	金絲蛇	<i>Amphiesma miyajimae</i>
梭德氏游蛇			<i>Amphiesma sauteri</i>	45
花浪蛇			<i>Amphiesma stolata</i>	1
大頭蛇			<i>Boiga kraepelini</i>	38
鐵線蛇			<i>Calamaria pavementata</i>	33
青蛇			<i>Eurypholis major</i>	105
紅斑蛇			<i>Dinodon rufozonatum</i>	61
臭青公			<i>Elaphe carinata</i>	17
紅竹蛇			<i>Elaphe poryphyracea</i>	15
錦蛇			<i>Elaphe taeniura</i>	10
白梅花蛇			<i>Lycodon ruhstrati</i>	48
擬龜殼花			<i>Macropisthodon rudis</i>	31
赤背松柏根			<i>Oligodon formosanus</i>	11
赤腹松柏根			<i>Oligodon ornatus</i>	10
台灣鈍頭蛇			<i>Pareas formosensis</i>	173
茶斑蛇			<i>Psammodynastes pulverulentus</i>	65
南蛇			<i>Ptyas mucosus</i>	4
斯文豪氏游蛇			<i>Rhabdophis swinhonis</i>	6
黑頭蛇			<i>Sibynophis chinensis</i>	6

陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究

		白腹游蛇	<i>Sinonatrix percarinata</i>	20
		草花蛇	<i>Xenochrophis piscator</i>	4
		過山刀	<i>Zaocys dhumnades</i>	45
	蝙蝠蛇科	雨傘節	<i>Bungarus multicinctus</i>	10
		環紋赤蛇	<i>Sinomicrurus macclellandi</i>	33
		羽鳥氏帶紋赤蛇	<i>Sinomicrurus hatori</i>	17
		眼鏡蛇	<i>Naja naja</i>	1
	蝮蛇科	阿里山龜殼花	<i>Ovophis monticola</i>	3
		龜殼花	<i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	50
		赤尾青竹絲	<i>Trimeresurus stejnegeri</i>	76
	不確定科別	不確定種類		97
龜鱉目	河龜科	柴棺龜	<i>Mauremys mutica</i>	4
		斑龜	<i>Ocadia sinensis</i>	1
		不確定種類		2

(資料來源：本研究)

附錄四.動物車禍遺體調查結果之兩生類名錄

目	科	種		數量
		中名	學名	
無尾目	蟾蜍科	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>	1759
		黑眶蟾蜍	<i>Bufo melanosticus</i>	265
	樹蟾科	中國樹蟾	<i>Hyla chinensis</i>	170
	樹蛙科	褐樹蛙	<i>Buergeri robustus</i>	516
		面天(艾氏)樹蛙(註)	<i>Chirixalus idiootocus</i> (<i>Chirixalus eiffingeri</i>)	349
		白領樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>	306
		莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	1
		台北樹蛙	<i>Rhacophorus taipeianus</i>	144
	狹口蛙科	小雨蛙	<i>Microhyla ornata</i>	5
	赤蛙科	牛蛙	<i>Rana catesbeiana</i>	12
		貢德氏赤蛙	<i>Rana guentheri</i>	324
		古氏赤蛙	<i>Rana kuhlii</i>	6
		澤蛙	<i>Rana limmocharis</i>	341
		拉都希氏赤蛙	<i>Rana latouchii</i>	648
		長腳赤蛙	<i>Rana longicrus</i>	289
		斯文豪氏赤蛙	<i>Rana swinhoana</i>	1114
	無法判定 科別	無法判定種類		1810

(註)面天樹蛙及艾氏樹蛙兩種物種外觀上極為相似，僅有少部分外形特徵可區辨這兩個物種，但這些特徵在車禍遺體上很難保留完整，故大部分的遺體很難判斷是這兩個物種中的哪一種，故在本研究中當作一個物種處理，但在陽明山國家公園內這兩種樹蛙都有出現的紀錄。

(資料來源：本研究)

附錄五. 期中簡報會議紀錄

一、時間：97年7月29日(星期二) 下午2時

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：陳處長茂春

記錄：黃光瀛

四、出(列)席單位及人員

出席機關(單位)(人員)	職稱	簽到處
中華民國國家公園學會	教授	劉小如
	研究助理	詹仕凡
行政院農業委員會林務局	組長	方國運
台灣大學生命科學系	教授	李玲玲
詹副處長德樞	副處長	詹德樞
陳秘書昌黎	秘書	
遊憩課	技士	高子媛
解說課	技士	沙謙中
環境課	課長	韓志武
企劃課	課長	
解說課	課長	
龍鳳谷站	主任	
小油坑站	主任	
陽明書屋站	主任	
擎天崗站	主任	
資訊室	主任	
保育課	課長	叢培芝

五、討論：

- (一)李玲玲教授：請於方法，動物遺體採得之環境因子上及結果加以述明，以利後續比對分析。哺乳類遺體可協助鑑定。動物遺體是否全為車禍？而造成Roadkill的可能原因為何？
- (二)方組長國運：保育類名錄請參照最新公告版本，並請分析動物遺體與棲地關係。
- (三)沙技士謙中：道路上警告駕駛人之廊道牌示是否意義？
- (四)叢課長：是否可比較廊道設置之成效。另請提出熱點(區)及GPS定位資料，以利經營管理之參考。

六、結論：

- (一)本案請受託單位參酌審查委員及同仁意見修正，期中簡報通過，並請繼續執行。
- (二)以下空白。

附錄六. 期末審查會議紀錄

一、時間：97年12月12日（星期五）下午1時30分

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發（詹副處長德樞代）

記錄：張弘明

四、出（列）席單位及人員

出席機關（單位）（人員）	職 稱	簽 到 處
行政院農業委員會科技處方國運副處長		
國立台灣大學生命科學系李玲玲教授	教授	李玲玲
本處詹副處長德樞	副處長	詹德樞
陳秘書昌黎		
企劃經理課		
環境維護課	技士	劉嘉仁
遊憩服務課	課長	王經堂
解說教育課	技士	游淑鈞
技正室	技正	陳育賢
小油坑管理站		
龍鳳谷管理站	巡查員	林志甫
擎天崗管理站	巡查員	羅慶元
陽明書屋管理站		
資訊室		
建管小組		

會計室		
人事室		
行政室		
保育研究課	課長	羅淑英
	約聘研究員	王全田

研究團隊代表

中華民國國家公園學會 劉小如教授	教授	劉小如
	研究助理	詹仕凡

列席機關(單位)(人員)	職稱	簽到處
中國文化大學環境設計學院		
台灣蠻野心足生態協會	秘書長	林子凌
台大生態所	博士生	林宗以

五、討論：

(一)車流量對動物車禍量的影響，無法呈現。

受託單位代表：感謝指導，車流量調查龐大複雜，需另案處理。

(二)海拔高度的影響因子，若有詳細高度的分析比較，將可更有顯著性的意義。也可做各因子彼此間的顯著性相關分析。

受託單位代表：感謝指導，將儘量配合。各因子間的顯著性相關分析，本研究已有做到。

(三)建議三及建議四中，請明確標示出動物發生車禍熱點的路段，是從那一端路口開始幾公里到幾公里之間。

受託單位代表：感謝指導，將會具體補充說明。

(四)請針對百拉卡公路本處設置生態廊道的路段作分析比較，動物車禍量是否相對減少。

受託單位代表：感謝指導，將盡力配合。

(五)爬行動物車禍發生熱點設置陸橋，請再具體說明陸橋形態與內容，並請舉例國外的處理措施與設置內容，供本處參考。另其他種類動物也請提供不同的設置措施。

受託單位代表：感謝指導，將盡量配合。

(六)車流量的影響，希望能參考本處所做過的調查報告，文字上多些描述與討論。也請分析說明季節、月份、平常日與假日車流量不同所造成的影響與關係。

受託單位代表：將盡量補強說明。

(七)請參考本處自然資料庫格式，輸入所記錄到的動物資料。

受託單位代表：將盡力配合。

(八)請陽管處加強保育資訊之通知，透過即時網站資訊與函文等方式，讓更多社會大眾知道及參與。有關學者專家的研究成果要具體呈現，隨時檢視所累積的觀測調查基礎，避免研究重覆、疏失或浪費經費。並希望能增加本處第一線的人力，以補強處裡人員自行研究與監測的能力，及落實研究案的協助工作。

陽管處回應：感謝指導及提醒。

六、結論：

(一) 本案依期末簡報意見修正，並經本處審查后通過。

(二) 請受託單位依合約書規定續辦，並於12月31日前，完成審查驗收等結案事宜。

(三) 以下空白。

附錄七.審查意見回覆

	審查意見	回應情形
期中簡報	動物遺體數量及環境因子的相關性宜多加說明	已於期末報告中增補。
	哺乳類動物遺體可請台大李玲玲教授協助辨識	已於下半年度執行。
	探討廊道設置之成效	因本年度調查及歷年調查之努力量等諸多因素並不一致，以致於動物遺體數量的差異並不能直接反映廊道設置的成效，已於期末報告內文討論之。
	提出熱點(區)及 GPS 定位資料	定位資料電子檔於期末附於附件光碟中
期末審查	車流量對動物車禍量的影響	由於缺乏國家公園範圍內各路段近年之車流量資料，故無法直接分析比較之。由於各路段車流量資料之蒐集需要投注大量人力及時間，建議國家公園另案執行之。另已於報告內文中討論車流量潛在的影響。
	說明熱點路段道路公里數，以利後續監測或工程單位施工	在研究結果部分盡量註明熱點路段的里程數，但由於部分路段里程數標示不清，故在這些路段以起訖點附近的地名或地標註明之，另外各路段的起始點及終點座標電子檔於期末附於附件光碟中，以利後續監測使用。
	探討廊道設置之成效	因本年度調查及歷年調查之努力量等諸多因素並不一致，以致於動物遺體數量的差異並不能直接反映廊道設置的成效，已於期末報告內文討論之。

參考書目

- 林世強 (2006) 金門動物車禍調查與分析。2006 生態工程國際研討會論文集。行政院公共工程委員會編。
- 鄭瑞富，林鐵雄 (2006) 國道三號林內段交通與公路設施對紫斑蝶遷徙之影響。2006 綠色營建科技研討會論文集。
- 陽明山國家公園管理處 (2006) 陽明山微型生態廊道-野生動物穿越道路涵洞。2006 生態工程國際研討會論文集。行政院公共工程委員會編。
- 黃于坡 (2007) 二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第 1 期)。交通部臺灣區國道新建工程局。
- 黃光瀛 (2002) 「公路對陽明山國家公園野生動物的影響及改進與建議」自行研究報告(九十一年)。陽明山國家公園管理處。
- 黃光瀛 (2003) 「公路對陽明山國家公園野生動物的影響及改進與建議」自行研究報告(九十二年)。陽明山國家公園管理處。
- 黃光瀛 (2005) 「陽明山國家公園動物穿越道路涵洞保育設施間側初步報告」自行研究報告(九十四年)。陽明山國家公園管理處。
- 黃光瀛 (2007) 道路對野生動物的影響及減輕對策。野生動物保育與研究學術研討會論文摘要集，林曜松編。國立台灣大學生物多樣性研究中心。台北。
- Borcard D, Legendre P, Drapeau P (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055
- Bellis ED, Graves HB (1971) Deer mortality on a Pennsylvania interstate highway. *Journal of wildlife Management* 35: 232-237.
- Bennett AF (1991) Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In: Saunders DA, Hobbs RJ (Eds.), *Nature Conservation 2: the Role of Corridors*. R. J. Surrey Beatty, Chipping Norton, Alstralia, pp. 99-117.
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE (2003) Spatial patterns and factors

influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological conservation* 109: 15-26.

Drews C (1995) Road kills of animals by public traffic in Mikumi National Park, Tanzania, with notes on baboon mortality. *African Journal of Ecology* 33: 89-100.

Fahrig, L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effects of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73:177-182.

Hels T, Buchwald E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biological conservation* 99: 331-340.

Hodson NL (1962) Some notes on the causes of bird road casualties. *Bird study* 9: 168-173 .

Massemin S and Zorn T (1998) Highway mortality of barn owls in northeastern France. *Journal of Raptor Research* 32: 229-232.

Munguira ML, Thomas JA (1992) Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality. *Journal of applied ecology* 29: 316-329.

Puky M (2006) Amphibian road kills: a global perspective. IN: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 325-338.

Slater FM (2002) An assessment of wildlife road casualties - the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web ecology* 3: 33-42.

Vijayakumar SP, Vasudevan K, Ishwar NM (2001) Herpetofaunal mortality on roads in the Anamalai Hills, Southern Western Ghats. *Hamadryad* 26: 265-272.