

石虎族群密度變動監測計畫
Monitoring of leopard cat population density
fluctuation

成果報告



委辦單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：國立嘉義大學

計畫主持人：劉建男 助理教授

研究人員：顏全佑、羅丹笛

中華民國 110 年 12 月

摘要

石虎(*Prionailurus bengalensis*)是野生動物保育法所公告之瀕臨絕種保育類野生動物，目前主要族群分布在苗栗、臺中及南投的淺山地區。過去由於對石虎族群密度研究不足，因此無法較準確的估算全臺石虎族群量。本研究沿用 2019-2020 年在南投中寮地區設置兩個各 30 km² 的樣區之一，在 30 個 1x1 km² 的網格中，每個網格選擇 1 個樣點，在動物通道兩側各架設 1 部紅外線自動相機，利用拍到的石虎照片來辨識個體。本研究以 7 天為一個自動相機的捕捉回合，連續 9 個回合(63 天)視為一個週期，將各樣點拍到的石虎個體製作捕捉史矩陣後，以空間直觀捕捉再捕捉法(Spatially Explicit Capture-Recapture)來估算族群密度。此外，針對犬或貓對石虎的影響，分別以時間尺度的(1)兩個物種日活動模式的重疊度及(2)犬或貓的出現是否會延長石虎出現的時間、以及空間尺度的兩個物種的出現頻度指數(OI 值)是否呈現負相關來進行分析。食物資源的影響部分，分析石虎與各個食物類別(鼠科鼠類及鼯形目、松鼠科、雉雞科鳥類及全部食物資源)的 OI 值是否具有相關性。自 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日，每部相機共蒐集 4 個週期資料，總共有 120 個樣點-週期。結果顯示，第一週期有 15 臺拍到石虎，有效照片數 27 筆，族群密度估計為 22 隻/100 km²，第二週期有 19 臺拍到石虎，有效照片數 53 筆，族群密度估計為 25.4 隻/100 km²，第三週期有 24 臺拍到石虎，有效照片數 50 筆，族群密度估計為 32.3 隻/100 km²，第四週期有 21 臺拍到石虎，有效照片數 75 筆，族群密度估計為 26.2 隻/100 km²。研究期間在樣區共記錄到 62 隻犬及 16 隻貓。犬對石虎的影響部分，研究期間樣區犬與石虎日活動模式的重疊度為 0.65(95%CI:0.58-0.72)；同一個相機樣點連續兩次石虎出現的時間間隔，在沒有犬出現之時間間隔為 363.1±44.7 小時(n=132)，顯著短於中間有犬出現之時間間隔 1,099.3±111.1 小時(n=40)；空間尺度的分析部分，有 44 個樣點-週期犬跟石虎同時出現，兩者的 OI 值沒有顯著相關。貓對石虎的影響部分，貓與石虎日活動模式的重疊度為 0.82(95%CI:0.73-0.9)；同一個相機樣點連續兩次石虎出現的時間間隔，在沒有貓出現時平均為 482.1±46.9(n=161)小時，顯著短於中間有貓出現時間間

隔(1,297.9±248.3 小時, n=11)，有 12 個樣點-週期有貓跟石虎同時出現，兩者的 OI 值沒有顯著相關。食物資源豐富度的分析結果顯示，在所有食物類別中，僅有松鼠科動物的 OI 值與石虎 OI 值變動呈現顯著正相關。本研究綜合前人文獻中的圈養個體生殖紀錄及野外拍攝到石虎幼獸的時間，推測臺灣地區的石虎並無明顯的生殖季。

關鍵詞：族群密度、捕捉-再捕捉、種間交互作用、族群生態

目錄

一、前言	1
二、重要工作項目及實施方法	5
三、結果與討論	12
四、結論與建議	35
五、參考文獻	37
附錄1、劉建男與陳宣汶(2020)建立的兩個樣區圖.....	43
附錄2、2021中寮樣區各樣點各物種OI值.....	44
附錄3、期中報告審查意見回覆對照表.....	47
附錄4、期末報告審查意見回覆對照表.....	52

圖目錄

圖1、本研究樣區及30個相機樣點位置圖.....	6
圖2、每個樣點架設2部相機，拍攝石虎左右兩側的斑點及紋路.....	6
圖3、以石虎身上斑紋辨識個體.....	8
圖4、2021年3月11日至11月17日，南投中寮樣區各樣點石虎出現頻度 (OI值).....	12
圖5、石虎樣點OI值與可辨識個體數的關係.....	22
圖6、石虎和犬之活動時間重疊度.....	24
圖7、犬出現對於石虎出現時間的影響.....	24
圖8、犬樣點OI值與可辨識個體數的關係.....	25
圖9、石虎和貓之活動時間重疊度.....	28
圖10、貓出現對於石虎出現時間的影響.....	28
圖11、貓樣點OI值與可辨識個體數的關係.....	29
圖12、石虎與松鼠科動物OI值關係圖.....	31
圖13、研究期間石虎、犬與貓的OI值週期變動.....	31
圖14、研究期間石虎與不同食物資源的OI值週期變動.....	32
圖15、中寮地區自動相機拍攝到母石虎攜帶幼獸的照片.....	34

表目錄

表1、2021年3-11月中寮樣區各樣點石虎出現頻度(OI值).....	13
表 2-1、第一週期石虎捕捉矩陣.....	16
表 2-2、第二週期石虎捕捉矩陣.....	17
表 2-3、第三週期石虎捕捉矩陣.....	18
表 2-4、第四週期石虎捕捉矩陣.....	19
表3、2021年3-11月南投中寮樣區30隻可辨識石虎出現週期.....	20
表4、2021年3-11月在中寮樣區以DENSITY估算的石虎族群密度.....	21
表5、2019年及2021年南投中寮樣區石虎族群量及族群密度估算結果.....	21
表6、2021年3-11月南投中寮樣區62隻可辨識犬隻出現週期.....	26
表7、2021年3-11月南投中寮樣區16隻可辨識貓隻出現週期.....	29

一、前言

臺灣地區的石虎(*Prionailurus bengalensis*)為野生動物保育法所公告之瀕臨絕種保育類野生動物。雖然過去石虎曾廣泛分布在全島低海拔山區(Kano, 1930; McCullough, 1974)，但目前石虎族群主要分布在苗栗、臺中及南投的淺山地區(林良恭等, 2017)。石虎面臨棲地喪失及破碎化、流浪犬貓的競爭、路殺、疾病等諸多威脅(劉建男與陳美汀, 2020)。在上述威脅之持續存在的情況下，陳盈如(2020)以族群存續力分析(population viability analysis, PVA) 預測石虎在未來 100 年的滅絕機率高達 94.7%。PVA 常被用來進行稀有物種的滅絕機率預測及探討影響該物種滅絕機率的重要因子(Morrison *et al.*, 2016; Fante-Lepczyk *et al.*, 2018)，提供相關單位據以擬定保育措施。然而，PVA 預測的準確性取決於對物種生物學及生態學基礎資料的了解程度，一旦參數(例如族群密度或起始族群量)設定錯誤，模擬結果便可能產生極大的偏差。因此，加強物種的生物學及生態學研究，對瀕危物種的保育及保育政策的擬定至關重要。

近年來臺灣地區有許多石虎相關的調查或研究，包括地理分布(裴家騏、陳美汀, 2008; 劉建男等, 2016, 陳美汀等, 2019)、威脅評估及減緩措施(林育秀等, 2018; 姜博仁等, 2018; 姜博仁等, 2019)、推廣生態保育給付及友善農作(林務局, 2019)、活動範圍及棲地利用(陳美汀等, 2019; Chen *et al.* 2019)等。然而，有關石虎族群密度的研究較缺乏。陳美汀利用無線電追蹤 6 隻石虎的活動範圍，並結合自動照相機拍攝照片進行石虎數量估算，推估苗栗通霄 32 km² 的研究樣區內約有 7-10 隻個體，換算石虎密度每 100 km² 約有 21-31 隻(陳美汀, 私人通訊)。林良恭等(2017)蒐集石虎的分布點位，利用物種分布預測模型 Maximum Entropy Model (MaxEnt) 去預測石虎的可利用棲地，結果顯示有石虎分布的重要棲地面積為 2,140 km²，以上述陳美汀推估的族群密度，全島石虎的族群量估計約有 468-669 隻。

野生動物族群密度的估計，常用的方法為捕捉-標記-再捕捉法

(capture-mark-recapture)，但此方法捕捉動物的過程可能對動物產生緊迫，如使用侵入性的標記方式更可能造成動物的傷害(Schofield *et al.*, 2008)。許多野生動物身上具有獨特的斑點、花紋或角的缺刻等，可以作為個體辨識的工具，許多研究因此發展出利用自動相機的照片來辨識野生動物個體，並據以估算族群密度的方法。以貓科動物為例，利用花紋或斑點作為個體辨識特徵，並以自動相機作為捕捉-再捕捉法來估算族群密度已在許多物種有過研究，例如華南虎(*Panthera tigris amoyensis*) (Karanth and Nichols, 1998)、虎貓(*Leopardus pardalis*) (Trolle and Kery, 2003)、獵豹(*Acinonyx jubatus*) (Marnewick *et al.*, 2008)、孟加拉虎 (*Panthera tigris tigris*) (Wang and Macdonald, 2009)、美洲山獅 (*Puma concolor*) (Kelly *et al.*, 2012; Rosas-Rosas and Bender, 2012)及豹貓 (*Prionailurus bengalensis*) (Bashir *et al.*, 2013)等。一般而言，貓科動物在頭頸、軀幹及四肢的毛皮斑點或紋路通常具有較多變異(Karanth, 1995; Trolle and Kery, 2003; Wallace *et al.*, 2003; Jackson *et al.*, 2006; Karanth *et al.*, 2006; Bashir *et al.*, 2013)。

為建立臺灣地區石虎族群密度估算的方法，劉建男與陳宣汶(2020)在南投中寮地區設置兩個各30 km²的樣區，劃設1x1 km²的網格(附錄1)，每個網格選擇1個樣點架設兩部相機進行拍攝，以石虎左右兩側的斑點及花紋進行個體辨識。所辨識出的個體，分別以7日為一捕捉回合(Trolle and Kery, 2003; Kelly *et al.*, 2008)，將每隻個體被重複拍到的時間及地點(重複捕捉)製作捕捉史矩陣，該回合捕捉到個體記錄為1，未捕捉到個體記錄為0，以CARE-2軟體(Chao, 2001)估算不同的捕捉率模式(Otis *et al.*, 1978)下的族群數量。結果顯示，兩個樣區中，有石虎出現的樣點可辨識的石虎個體數量介於1到5隻之間，兩個樣區石虎族群數量估計值分別為18-20隻及15-22隻。該研究以非空間直觀(Non-spatially explicit)方法進行族群密度估計，以最外圍相機形成的最小凸多邊形加上以石虎每日最大連續移動距離之半當作緩衝區(buffer zone)所計算的有效取樣面積(effective sampling area)之下，兩個樣區石虎族群密度估計值分

別為34-38隻/100 km²及38-57隻/100 km²。然而，部分研究認為非空間直觀法以固定距離來計算緩衝區及有效取樣面積的方式，可能無法準確估計族群密度(Efford, 2004a; Borchers and Efford, 2008)。顏全佑(2021)用劉建男與陳宣汶(2020)相同的數據，以空間直觀最大近似模型(Spatially explicit maximum likelihood model，以下以SECR法簡稱，Borchers and Efford, 2008)重新進行該兩樣區的族群密度估算，SECR不再以設定固定距離來計算有效取樣面積，而是以離相機樣點不同距離有不同捕獲概率的方式進行估計。結果顯示兩個樣區石虎族群密度估計值分別為49隻/100 km²及41.9隻/100 km²。顏全佑(2021)的結果亦顯示，兩個樣區中，每個相機樣點所辨識出的石虎個體數與該樣點的石虎出現頻度指數(OI值)皆呈現高度相關。單一樣點同時以兩臺相機進行拍攝及個體辨識，比僅用一臺相機在個體的辨識量最少可提升38.5%，在族群密度的估算上可提升20.5%。

然而，劉建男與陳宣汶(2020)及顏全佑(2021)的研究結果皆僅能顯示南投中寮地區兩個樣區在約2個月期間所估算的族群密度。一個物種的族群密度可能受到掠食者(top-down control)、食物資源多寡(bottom-up control)、資源競爭者豐富度或個體出生、死亡、遷入、遷出等因子的影響。石虎族群密度是否有季節性的波動？如果有，族群密度的波動是否受到上述因子的影響，資料闕如。

翁國精與劉建男(2020)的全島自動相機動物長期監測結果顯示，低海拔地區許多相機樣點同時記錄到石虎與犬或貓共域。犬、貓除了與石虎競爭食物及棲地外，犬亦可能攻擊石虎。舉例而言，2016年底，有民眾發現4隻流浪犬成群攻擊1隻石虎，2019年年初南投縣集集鎮有一隻小石虎陳屍路旁，特生中心石虎研究團隊確認是遭犬隻攻擊死亡，另2019年9月在南投縣中寮鄉有1隻雄性石虎亞成體遭犬隻攻擊死亡(林育秀，私人通訊)。此外，貓、犬帶原的病毒可能傳染給野生食肉目動物。裴家騏等(2011)顯示檢測的野生石虎中，感染犬瘟熱的比例高達77.8%。在路殺個體病毒分析也發現，部分石虎個體感染貓泛白血球減少症病

毒，而石虎路殺個體犬小病毒感染率高達82.4% (Chen *et al.*, 2019)。Yen *et al.* (2019)在陽明山國家公園長達6年的研究結果顯示，遊蕩犬隻的活動會影響到原生哺乳類的相對豐富度及出現頻度。犬、貓對於石虎的影響值得關注。

亞洲豹貓以嚙齒目動物為主食，但也會取食鳥類、爬行類、兩生類、魚類及無脊椎動物(Watanabe *et al.*, 2003; Shehzad *et al.*, 2012; Lorica and Heaney, 2013; Lee *et al.*, 2014; Chua *et al.*, 2016)。臺灣石虎的食性研究中，在苗栗地區以排遺分析的研究發現石虎的食物以嚙齒目的鼠科最高(占39.4%)，鳥類次之(26.4%)，另有少部分臺灣野兔、鼯形目、爬行類、魚類及昆蟲(莊琬琪，2012)。東海大學及特生中心團隊近來針對南投地區石虎進行食性分析，亦顯示石虎以嚙齒目的鼠科為主食(占43.3%)，昆蟲次之(25.5%)(詹映萱、陳希、林良恭，私人通訊)。房兆屏(2016)利用自動相機資料，探討南投地區石虎及食物資源(赤腹松鼠、鼠科鼠類與鼯形目、雉雞科鳥類、臺灣野兔)在同一個相機樣點的出現與否是否有關，結果顯示石虎的出現與赤腹松鼠、鼠科鼠類與鼯形目的出現呈現正相關。然而，一個地區石虎與獵物之間的相對豐富度可能會呈現週期性的波動，取樣的時間不同可能會出現不同的結果。因此，要探討石虎族群密度的變化是否受到食物資源的影響，需要蒐集長期的資料，才能得到較準確的分析結果。

本計畫目的在了解南投中寮地區石虎族群變動情形以及影響族群變動的原因，有下列四個目標：

- (一) 了解石虎族群密度隨時間的變動情形。
- (二) 了解犬、貓對石虎活動或族群密度的影響。
- (三) 了解石虎獵物相對豐富度的變化及其與石虎族群密度變動的關係。
- (四) 蒐集野外石虎生殖相關的資料。

二、重要工作項目及實施方法

(一) 研究樣區

本計畫沿用劉建男與陳宣汶(2020)在南投中寮地區所設置的第一樣區(南中寮樣區)(附錄1)。該樣區已有石虎分布及石虎辨識之基本資料。該樣區範圍以縣道139線為東及北界，國道3號為西界，省道臺16線為南界，全境為低海拔之丘陵地形，林相以次生林為主，鑲嵌零星的竹林、果園與住宅。該樣區劃設30個1km×1km網格(附錄1)，每個網格設置1個相機樣點(圖1)。部分樣點如A01、A08、A09、A16、A19、A23、A24、A26、A27、A28、A29、A30為稜線、廢棄登山步道或廢棄產業道路等較少人類活動之地區，林相多為次生林、竹林或無經營之人工林等。部分樣點如A02、A03、A04、A05、A06、A07、A10、A11、A12、A13、A14、A15、A17、A18、A20、A21、A22、A25等則與人類活動範圍較接近，週遭環境有果園、檳榔園、農舍及零星住宅等，林相多為人工林、廢棄果園等。

(二) 自動相機的架設

在樣區的30個網格中，每個網格設置1個相機樣點，在通道兩側各架設一部紅外線自動相機(Reconyx Hyperfire 2, Reconyx Inc. USA)，拍攝石虎個體左右兩側的照片。本研究相機架設高度控制在離地30 cm處水平拍攝(圖2)，可讓石虎側身紋路清楚呈現。相機設定為5連拍，照片拍攝無時間間隔。快門設為1/480秒，感光值(ISO)設定為3200，此設定可提升移動個體之清晰影像。當相機架設完成後，以手持 GPS(Garmin eTrex[®] 30, Garmin Co., Ltd. USA)記錄樣點座標，誤差值控制於5 m下，地理座標採用TWD97 (Taiwan Datum 1997)系統。

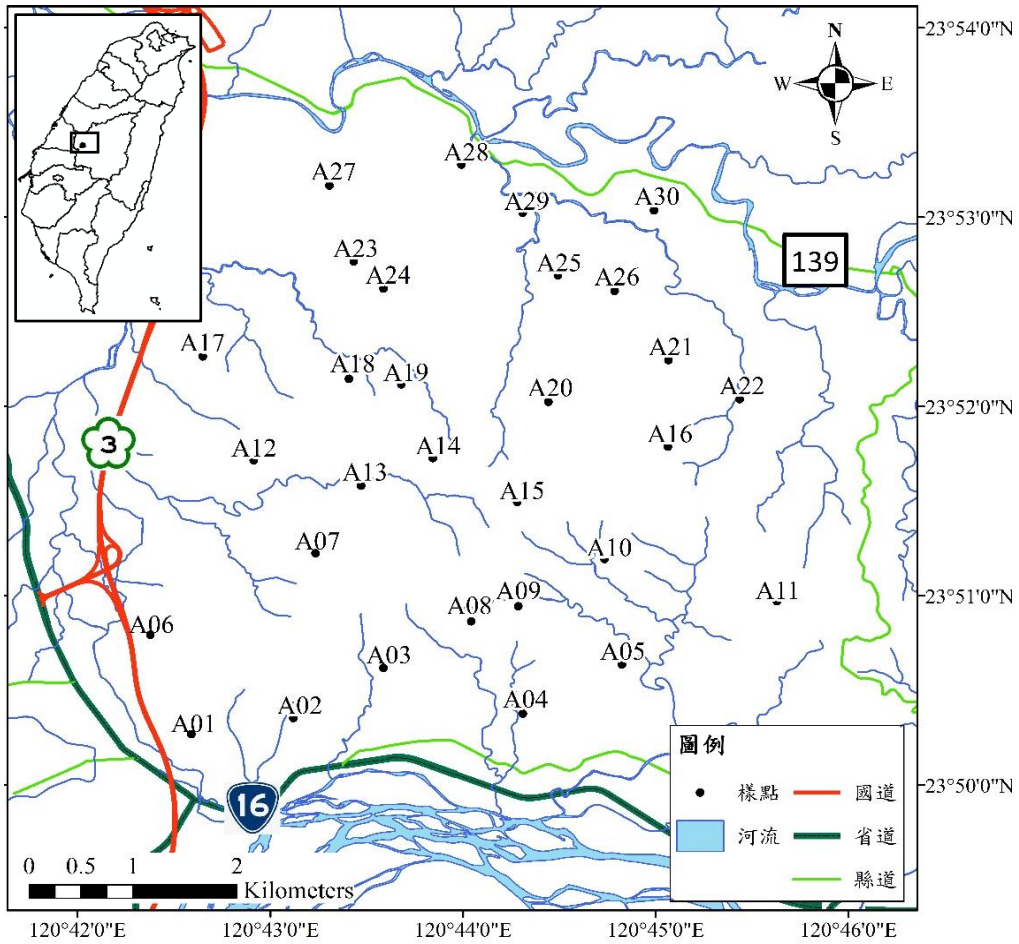


圖1. 本研究樣區及30個相機樣點位置圖。



圖2. 每個樣點架設2部相機，拍攝石虎左右兩側的斑點及紋路。

(三) 石虎及犬、貓個體辨識及族群密度估算

石虎部分，利用個體左右兩側的斑點或紋路進行個體辨識，並利用個體斑點或紋路的差異來辨識個體(圖 3) (劉建男與陳宣汶，2020)。石虎側身紋路主要用來辨識的區域包括側身軀幹中段與肩部紋路，肩部斑塊通常較大且明顯，可優先比對。另前肢內側常有一至兩個大型扁狀斑塊，而側胸口常有一至數個斑塊，可找到可供辨識的特徵。此外，前肢外側、後肢及臀部的紋路，多為細小的圓點狀斑，雖較不易記錄到明顯可辨識的特徵，但可輔助辨識。拍到的石虎照片先區分為左側身體照片或右側身體照片，每當有一筆新照片，將之與已辨識個體照片比較，若與已辨識個體具多處相近特徵，歸類為同一隻，否則為不同隻，給予另一組個體編號，在後續的辨識過程如發現有誤會進行修正，持續累積個體資料並建立個體的資料庫。

已辨識的個體，沿用劉建男與陳宣汶(2020)的方法，以 7 日作為單一捕捉回合，期間有拍攝記錄為 1，沒有拍攝紀錄設為 0，並以 2 個月(9 周)為 1 個週期，將每隻個體在該週期被相機記錄到的時間及點位建立個體捕捉史(individual capture history)矩陣，以空間直觀-最大近似模型(SECR)來估算族群密度(Borchers and Efford, 2008)。SECR 以相機樣點為中心，離相機不同距離的偵測率以偵測函數(Detection function) 進行估計(Royle and Gardner, 2011)。本研究 SECR 的族群密度估算以 DENSITY 軟體(Efford *et al.*, 2004b)執行，偵測函數分別以半常態函數(Halfnormal)、風險函數(Hazard)及負指數函數(Negative exponential)進行估算，並採用 Akaike 資訊準則值(Akaike information criterion, 以下以 AIC 簡稱)值最低的偵測函數來估算最大近似密度(Maximum likelihood density) (Bashir *et al.*, 2013)。

犬及貓部分，利用其身上的顏色、斑點及體型等特徵，進行個體辨識，並記錄不同個體的犬及貓在不同週期是否有出現。犬及貓不進行密度估算。



圖3. 以石虎身上斑紋來辨識個體，紅色圓圈顯示的特殊花紋，顯示2張照片為同一隻個體(照片取自劉建男與陳宣汶，2020)。

(四) 犬、貓對石虎活動或族群密度之影響

本研究以三種方法來探討犬、貓對石虎的可能影響。

1. 日活動時間的重疊度

本計畫將一日以 1 小時為單位切割成 24 個時段，計算每個物種在每一個小時的相對活動量(該時段有效照片總數/該物種全部有效照片數 $\times 100\%$ ，第一天及最後一天不足 24 小時的相片資料不列入分析)。將上述石虎、犬及貓每個小時拍到的有效照片數，先以核密度估計法(kernel density estimation) (Ridout and Linkie, 2009) 去估算個別物種活動模式的機率密度函數(probability density function)，並分別計算兩個物種的活動重疊係數(coefficient of activity overlap, $\Delta 1$, Ridout and Linkie, 2009; Monterroso *et al.*, 2014)。兩個物種的活動重疊係數 $\Delta 1$ 介於 0 到 1 之間， $\Delta 1=0$ 代表兩個物種活動完全沒有重疊， $\Delta 1=1$ 代表兩個物種活動完全重疊。由於 $\Delta 1$ 數值代表的重疊程度的高跟低是主觀的認定，各研究不同物種可能有不同的認定，本計畫依照 Monterroso *et al.*, (2014) 針對食肉目的定義方式，兩個物種活動重疊係數 $\Delta 1 < 0.5$ 視為低度重疊， $0.5 < \Delta 1 \leq 0.75$ 視為中度重疊， $\Delta 1 > 0.75$ 視為高度重疊。相關分析以 R 軟體執行。

2. 石虎連續兩次出現的時間間隔

如果犬或貓在一個樣點的出現，會導致石虎在該樣點再次出現時間的延後，可以預期連續兩次石虎出現的時間間隔，在中間有犬出現的情形下會顯著長於沒有犬或貓出現的情形。本研究把每一個樣點石虎、犬及貓的出現時間記錄後，分別計算(1)沒有犬或貓出現的情況下，單一樣點連續兩次石虎出現的時間，(2)在石虎第一次出現後，中間出現犬或貓後，石虎再次出現的時間間隔。兩者是否有顯著差異以 Mann-Whitney U tests 進行檢定，顯著值設為 0.05。

3. 兩個物種 OI 值變化的相關性

如果犬或貓在特定相機樣點的活動，會導致石虎降低在該樣點的活動頻度，預期犬或貓與石虎在特定樣點的 OI 值會呈現負相關。本研究 30 部相機、每部相機 4 個週期，共 120 個樣點-週期，選擇有犬或貓跟石虎同時出現的樣點-週期，把每一個樣點-週期石虎及犬或貓的 OI 值排序後，以斯皮爾曼等級相關(Spearman's Rank-Order Correlation)進行相關性分析。本研究將每小時內拍到、無法辨識為不同個體的同種動物照片視為同一筆有效照片，可辨識為不同個體則視為另一筆有效照片。犬常成群活動，以群為單位計算。OI 值的計算為每 1,000 個相機工作小時的有效照片數(裴家騏、姜博仁，2004)。

(五) 石虎與食物資源之關係

本研究將石虎的主要食物分為鼠科鼠類及鼯形目(兩者在照片中難以準確區分，因此合併計算)、松鼠科(赤腹松鼠及大赤鼯鼠)、雉雞科鳥類及全部食物資源(包含上述所有類群、臺灣野兔及灰腳秧雞等四類)。為了解石虎與其獵物相對豐富度之間的關係，本研究以同時有石虎及個別食物類群同時出現的樣點-週期，以斯皮爾曼等級相關來進行石虎與其獵物 OI 值的相關性分析。OI 值的計算方式與前述相同，竹雞的 OI 值以群為單位計算。

(六) 石虎生殖參數的蒐集

本計畫拍攝到石虎母獸攜帶幼獸的照片，記錄出現的月份及幼獸的隻數。本研究團隊在南投地區執行的相關計畫(劉建男等，2016；2018；劉建男與陳宣汶，2020)、以及其他研究人員未發表石虎生殖相關資料，如能獲得將一併蒐集，綜合探討野生石虎是否有明顯生殖季。

(七) 自動相機監測原始資料上傳

依照林務局「生態調查資料蒐集管理作業原則」，於提交期末報告前，至林務局指定之資料庫填寫並上傳本計畫之詮釋資料及生態調查原始資料，並繳交自動相機影像資料，內容包括：

1. 完整自動相機照片或動態影像：每個相機點位資料須個別壓縮成.zip 檔；可與文字資料（須為.csv檔）一起壓縮於同一資料夾，惟僅能包含一筆.csv 檔，且.csv檔資料筆數應與影片及照片數量總和相符。單一檔案最大不超過2G。
2. 已辨識照片內物種文字資料：欄位名稱及內容格式如附件 3「自動相機文字資料必填欄位及格式範例」、「自動相機填寫物種名錄」（請轉為純文字.csv 檔）。
3. 外接硬碟須貼上標籤，寫上計畫全名及編號。
4. 相機相關資訊：相機位置名稱及座標、相機編號、相機工作開始及結束時間；座標系統應使用小數點格式（十進位制）之經緯度。

三、結果與討論

自2021年3月11日完成30個樣點60部相機的架設，本次報告資料分析包含3月11日至5月12日(第一週期)、5月13日至7月14日(第二週期)、7月15日至9月15日(第三週期)及9月16日至11月17日(第四週期)。每個樣點有效工作時數平均為5,839小時。這段期間，除了人、犬及貓以外，共拍到9種可辨識的中大型野生哺乳動物、2種松鼠科以及鼠科鼠類及鼬形目，其中以白鼻心最多(OI值=6.03)。野生鳥類則記錄到26種，以翠翼鳩最常見(OI值=4.72)，各物種在各樣點的出現頻度指數(OI值)如附錄2。

研究期間，30個樣點中有28個樣點有拍到石虎，僅有A01及A06沒拍到。所有樣點在四個週期石虎的OI值如圖4及表1，有石虎的樣點OI值介於0.17到4.96之間，所有30部相機OI值平均為1.17。四個週期所有相機平均OI值分別為0.6、1.17、1.1及1.91。

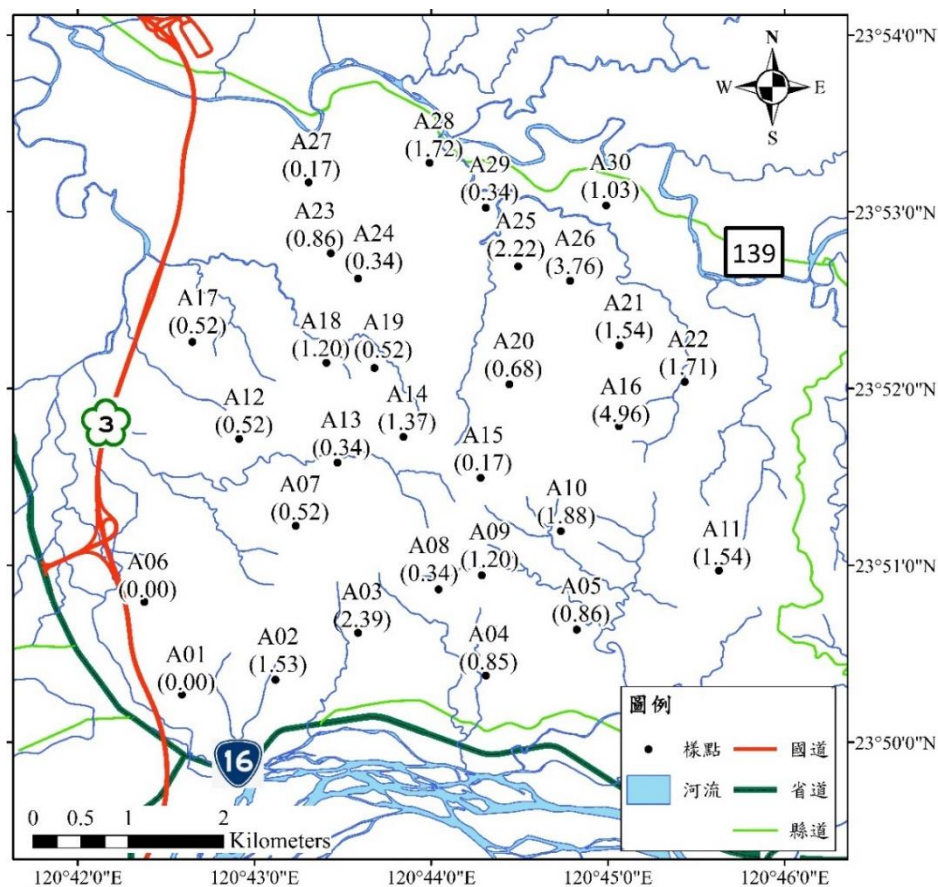


圖 4. 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日，南投中寮樣區各樣點石虎出現頻度 (OI 值)。

表 1. 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日，南投中寮樣區各樣點石虎出現頻度 (OI 值)

樣點	第一週期	第二週期	第三週期	第四週期	四期合併
A01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	0.66	1.98	1.32	2.25	1.53
A03	0.66	1.32	3.97	3.76	2.39
A04	0.66	0.00	0.66	2.25	0.85
A05	0.00	1.32	0.66	1.53	0.86
A06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A07	0.00	0.00	1.32	0.78	0.52
A08	0.00	0.00	0.66	0.75	0.34
A09	0.00	0.66	1.32	3.07	1.20
A10	0.66	1.98	0.66	4.60	1.88
A11	0.66	0.66	3.31	1.52	1.54
A12	0.00	0.00	0.00	2.33	0.52
A13	0.66	0.00	0.66	0.00	0.34
A14	0.66	2.65	0.66	1.55	1.37
A15	0.00	0.66	0.00	0.00	0.17
A16	0.00	7.94	3.31	9.15	4.96
A17	0.66	0.66	0.66	0.00	0.52
A18	1.32	0.00	1.32	2.33	1.20
A19	0.00	1.32	0.66	0.00	0.52
A20	0.00	0.66	0.66	1.53	0.68
A21	2.65	0.66	0.66	2.29	1.54
A22	0.00	0.00	2.65	4.57	1.71
A23	1.32	1.32	0.66	0.00	0.86
A24	0.66	0.66	0.00	0.00	0.34
A25	2.65	1.98	1.98	2.29	2.22
A26	2.65	3.31	2.65	6.87	3.76
A27	0.00	0.00	0.66	0.00	0.17
A28	0.00	3.97	1.32	1.56	1.72
A29	0.00	0.00	0.66	0.76	0.34
A30	1.32	1.32	0.00	1.53	1.03
平均	0.60	1.17	1.10	1.91	1.17

註：第一週期為 2021 年 3 月 11 日至 5 月 12 日；第二週期為 2021 年 5 月 13 日至 7 月 14 日；第三週期為 2021 年 7 月 15 日至 9 月 15 日；第四週期為 2021 年 9 月 16 日至 11 月 17 日。

(一) 石虎密度估算

1. 各週期石虎族群密度

第一週期共在15個樣點拍攝到37筆石虎有效照片，可辨識出15隻個體。15隻個體在9個不同捕捉回合(7天為1個捕捉回合)建立的捕捉史矩陣如表2-1。估算的族群密度為22隻/100 km² (NegExponential模型，SE=10.19, 95% CI: 9.28-52.22)。

第二週期共在19個樣點拍攝到53筆石虎有效照片，可辨識出14隻個體，捕捉史矩陣如表2-2，估算的族群密度為25.4隻/100 km² (Hazard模型，SE=7.36, 95% CI: 14.57-44.33)。

第三週期共在24個樣點拍攝到50筆石虎有效照片，可辨識出18隻個體，捕捉史矩陣如表2-3，密度為32.3隻/100 km² (Hazard模型，SE=12.66, 95% CI: 15.37-67.74)。

第四週期共在21個樣點拍攝到75筆石虎有效照片，可辨識出18隻個體，其捕捉史矩陣如表2-4，密度為26.2隻/100 km² (NegExponential模型，SE=12.66, 95% CI: 14.77-45.92)。

研究期間樣區內共記錄到30隻個體，每隻個體在4個不同週期出現的結果如表3。這30隻個體中，有5隻在4個週期都有記錄到，有5隻在3個週期有發現，有10隻在2個週期有紀錄，另有10隻只出現在1個週期。各週期OI值、估算的族群密度等如表4。

前期計畫在2019年10-12月，在同一個樣區相同的努力量之下，共記錄到70筆有效照片，辨識出18隻個體，以SECR估算的族群密度是49隻/100 km² (表5)；相較之下，本年度第一週期所拍到的有效照片有27筆，僅為2019年71筆的38%，估算的族群密度也僅有22隻/100 km²。食物資源的減少可能會影響石虎的族群密度(Watanabe, 2009)。南投中寮地區2017、2018年及2019年整年的總雨量分別為3,157.5、2,000及2,594 mm，2020年整年總雨量為1,319.5 mm，2020年下半年開始長達數月的較乾早期，可能影響到石虎的食物資源的豐富度。研究樣區2019年10月至12月的鼠科及鼯形目OI值為0.66(劉建男未

發表資料)，本研究第一周期(2021年3-5月)則僅為0.11，似乎符合推論；然而，2021年第一週期赤腹松鼠及地棲性鳥類的OI值並沒有比2019年低。本年度第二到第四週期估算的族群密度雖然比第一週期稍微增加，但與2019年相比仍較低，族群密度可能需要時間慢慢回復。未來可持續累積資料，以更長期的監測資料來分析石虎族群密度變動與食物資源豐富度變動的關係。

28個有拍到石虎的樣點中，石虎的OI值介於0.17-4.96之間，每個樣點可辨識出的石虎個體數為1-6隻不等，樣點石虎的OI值與可辨識的個體數呈現顯著正相關(皮爾森相關係數 $r=0.641$, $P<0.001$ ；斯皮爾曼等級相關係數 $r_s=0.768$, $P<0.001$)(圖5)。

以自動相機照片辨識個體的方法已被應用在不同地區豹貓的族群密度研究。舉例而言，Mohamed *et al.* (2013)在馬來西亞沙巴地區的二處森林保護，估算得豹貓密度分別為9.6隻/100 km²、12.4隻/100 km²及16.5隻/100 km²；Chua *et al.* (2016)於新加坡德光島(Pulau Tekong)以類似方法估算出豹貓密度約為72.2-106.6隻/100 km²；在泰國的Sakaerat保護區，Petersen *et al.* (2019)以60部自動相機拍得之照片估算得豹貓密度為17.7隻/100 km²。除了新加坡德光島以外，南投地區估計的石虎族群密度，比多數東南亞地區所估算的值高。

表 2-1. 第一週期石虎捕捉矩陣

個體 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L01	.	.	.	A02	.	.	.	.	.
L02	A03	.	A04	A03	A14	A03	A03、18	.	.
L03	A03	.	.	.	.
L04	.	A10	.	.	.	.	.	A16	.
L05	A11	A11	.	.
L06	A11	.
L07	A13	.	.
L08	.	.	A30	.	.	.	A16	A26	A25
L09	.	.	A21	.	.	.	A16	A21	.
L10	A17	.	.	.	.
L11	.	A18	.	.	.	.	.	.	.
L12	A23	.	A23	.
L13	A25、 26、30	.
L14	A26	.	A25、26	.
L15	A25	.
L16
L17
L18
L19
L20
L21
L22
L23
L24
L25
L26
L27
L28
L29
L30

表 2-2. 第二週期石虎捕捉矩陣

個體 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L01
L02	.	.	A02	.	.	A03	A02	.	A09
L03
L04	A16	.	.	.	.	.	.	.	.
L05
L06
L07
L08	A16	.	.	.	A16	.	A25	A16、30	A30
L09	A16	.	.	A26	A14、16	A21	A26	A16	A26
L10
L11
L12
L13
L14	A26	.	.	A25
L15
L16	A02	.
L17	A03	.	.
L18
L19
L20
L21	A05	.	.	.	.
L22	.	.	.	A23	.	.	.	.	.
L23	.	A10	A10	.	.	.	.	.	.
L24	.	A11	.	.	.	.	.	.	.
L25
L26	.	.	.	A19、20	A14	A14	A14	..	A19
L27	A15	.	.	.	.	.	.	.	.
L28
L29
L30	A28	A28	A28

表 2-3. 第三週期石虎捕捉矩陣

個體 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L01
L02	A02	A14	.
L03
L04	.	.	A10	A21	.	.	.	.	.
L05
L06
L07
L08	.	.	A29	.	.	A16	.	.	.
L09	A26	.	.	.	.	.	A16	.	A16
L10
L11	A07	.	.	.	.	.	.	.	.
L12	.	.	.	A27	.	.	.	.	.
L13
L14	A20	A26	.	A25	.	.	.	.	A26
L15
L16	.	.	A02	.	.	.	.	.	.
L17	.	A03	.	.	.	.	.	A03	.
L18	A03	.	A03	.	.	.	.	.	.
L19	A19	.	.	.	.
L20	.	.	A04	.	.	.	.	.	A09
L21
L22	.	A23	.	.	.	.	.	.	A03
L23
L24	.	.	.	A11	.	A11	.	A11	.
L25	A11	.	.
L26
L27	A28	.	.
L28	.	.	A22	.	.	.	.	.	.
L29	A28	.	.
L30

表 2-4. 第四週期石虎捕捉矩陣

個體 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L01
L02	.	.	A02	.	A09	.	A02、03	.	.
L03
L04	.	.	.	A11、16	A10	A10、16	.	.	.
L05	A11	.	.	.	.
L06
L07
L08	A16	.	.	A16、30	A30	A16、 22、29	A16	A25	.
L09	A16、26	A16、21	A16	A26	.	.	.	A16	.
L10
L11	.	.	A12	A18	.	.	.	A12	.
L12
L13
L14	.	A20、25	.	.	A20	A26	A26	.	.
L15
L16	A02	.	.	.	.
L17
L18	A08	A09	.	.
L19	.	.	A03	.	.	.	.	.	.
L20	.	.	A04	A09	.	.	.	.	.
L21	A05	.	.	.	.
L22	A04	.	.	.	A09	.	.	.	.
L23	.	.	.	A10	.	A10	A18	.	.
L24
L25
L26	.	.	.	A14	.	.	.	.	.
L27
L28	A22	A22	A22	.	.	.	.	.	.
L29	A22	A28	.
L30	.	A28	.	.	.	.	.	.	.

表 3. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 30 隻可辨識石虎出現週期

此部分資料網路不公開

註：編號 L08 及 L25 有追蹤項圈，分別為特生中心雞舍危害捕捉野放的個體「永哥」及「盛哥」

表 4. 2021 年 3-11 月在中寮樣區以 DENSITY 估算的石虎族群密度

週期	有效 照片 數	可辨 識個 體	OI 值	估計的密度 (隻/100 km ²)	SE	95%CI	採用模型	g0	σ
一 (3/11- 5/12)	27	15	0.60	22	10.19	9.28- 52.22	NegExponential	0.14	853.86
二 (5/13- 7/14)	53	14	1.17	25.4	7.36	14.57- 44.33	Hazard	0.06	1720.38
三 (7/15- 9/15)	50	18	1.10	32.3	12.66	15.37- 67.74	Hazard	0.21	369.44
四 (9/16- 11/17)	75	18	1.92	26.2	7.7	14.77- 45.92	NegExponential	0.30	687.84

註：Hazard、NegExponential 為 DENSITY 偵測函數；g0 為偵測率； σ 為空間參數。

表 5. 2019 年及 2021 年南投中寮樣區石虎族群量及族群密度估算結果

年度	2019 (第一樣區)	2019 (第二樣區)	2021 (第一樣區)
研究期程	2019.10-12 月	2020.02-04 月	2021.03-11 月
相機站(個)	30	30	30
有效照片(筆)	71	46	205
辨識隻數	18	16	30
全部樣點平均 OI 值	1.57	1.01	1.17
估計族群密度 (隻/100 km ²)	49	41.9	26.5

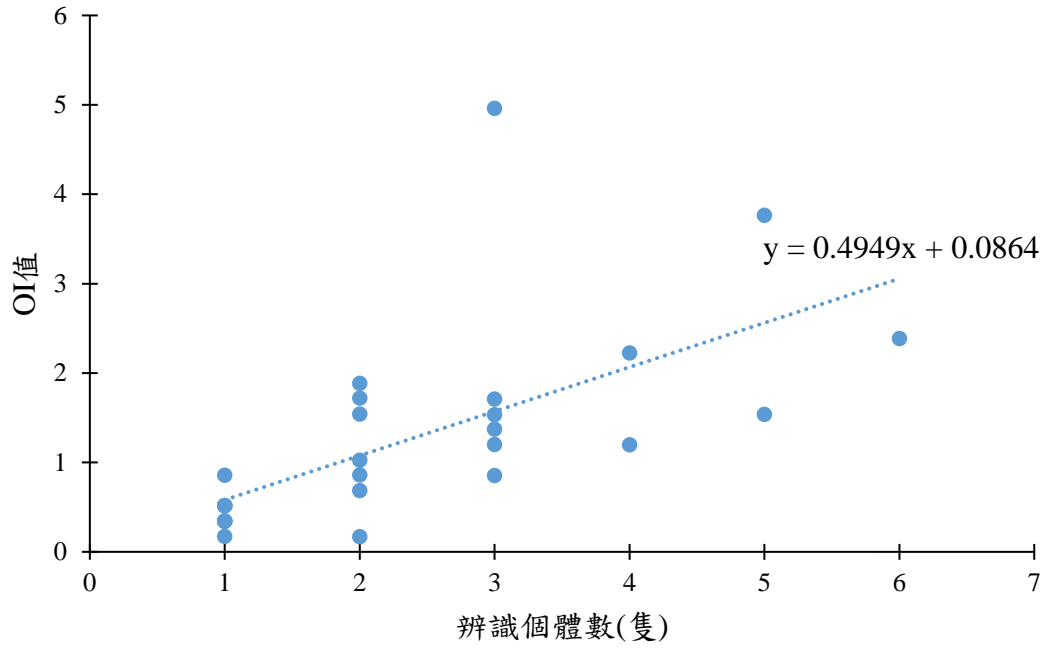


圖 5. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 28 個拍到石虎的樣點，石虎 OI 值與該樣點可辨識石虎個體數($r=0.641$, $P<0.001$; $r_s=0.768$, $P<0.001$, $n=28$)。

(二) 犬、貓對石虎活動或族群密度之影響

1. 犬的影響

本年度研究期間30個相機樣點共有26個樣點記錄到犬，有犬的樣點中，犬的OI值介於0.17到14.73之間(附錄2)。

日活動模式重疊度部分，石虎和犬的活動重疊度為0.63(95%CI: 0.56-0.69)，屬於中度重疊(圖6)。

犬出現對石虎連續兩次出現時間間隔的影響結果顯示，在沒有犬出現的情況下，石虎連續兩次出現時間間隔平均=363.1±44.7小時(n=132)，在有犬出現的情況下，石虎連續兩次出現時間間隔平均=1,099.3±111.1小時(n=40)(圖7)。石虎連續兩次出現時間間隔(之間無犬出現)顯著小於其間有犬出現之連續兩次出現時間間隔(W=821, P<0.001)，推測石虎會因為樣點有犬出現而改變行為模式。

石虎與犬OI值的相關性分析結果顯示，30個樣點中，同時記錄到石虎及犬的有25個，有石虎沒有犬的有3個，有犬沒有石虎的有1個，兩個物種都沒記錄到的有1個。同時有犬跟石虎出現的樣點-週期有44個，石虎與犬的OI值無顯著相關($r_s=-0.052$, P=0.739, n=44)。這結果顯示石虎沒有刻意躲避有犬的樣點，犬的OI值高低亦對石虎活動沒有顯著影響。

2019年在樣區內共辨識出33隻犬，2021年3-11月藉由犬身上的毛色及花紋，在樣區共辨識出62隻犬，其中有3隻有掛發報器，推測為獵犬，另14隻有項圈，其他則無項圈。至少有7隻在2019及2021都有被記錄到。2021年的62隻犬中，至少17隻頸部有不同顏色尼龍繩或頸圈，推測是家犬。有犬出現的26個樣點，犬的數量介於1到13隻之間，犬的OI值與可辨識的個體數呈現顯著正相關(皮爾森相關係數 $r=0.787$, P<0.001; 斯皮爾曼等級相關係數 $r_s=0.733$, P<0.001, n=26)(圖8)，可辨識個體出現週期如表6。這62隻個體中，有1隻在4個週期都有記錄到，有6隻在3個週期有發現，有29隻在2個週期有紀錄，另有27隻只出現在1個週期。

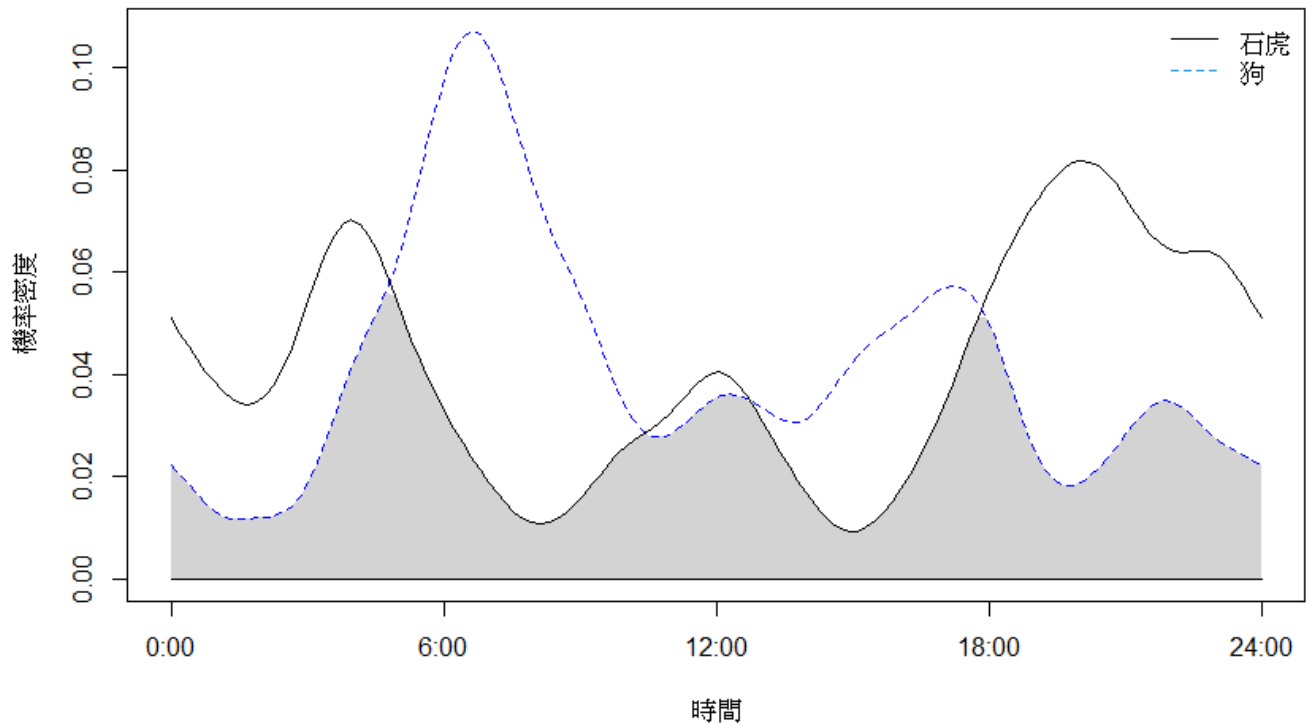


圖6. 2021年3-11月南投中寮樣區，石虎和犬之活動時間重疊機率密度，其重疊係數為0.63 (CI: 0.56-0.69)。石虎有效照片數205筆，犬有效照片數270筆。

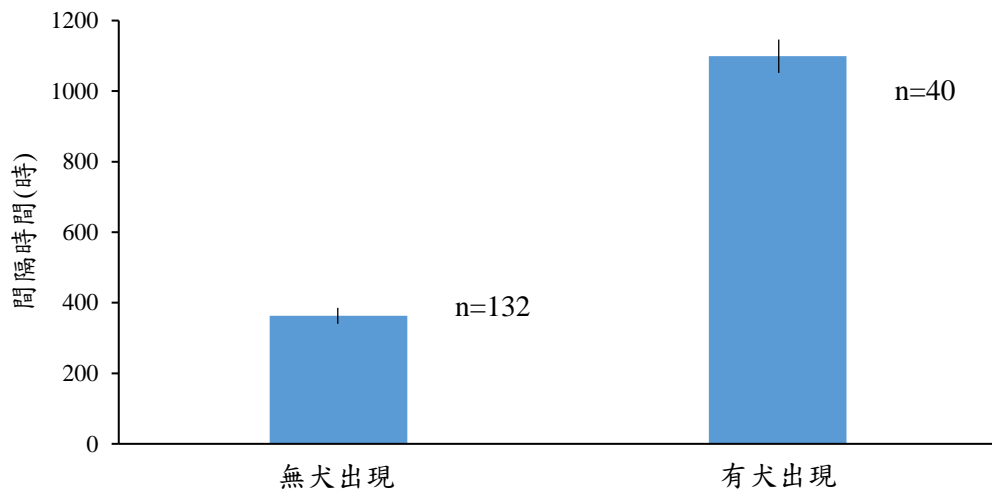


圖 7. 犬出現對石虎連續兩次出現時間間隔之影響。無犬出現時石虎連續兩次出現時間間隔平均=363.1±44.7 小時(平均±1 SE, n=132)；有犬出現時石虎連續兩次出現時間間隔平均=1,099.3±111.1 小時(n=40)。石虎連續兩次出現時間間隔，顯著小於其間有犬出現時連續兩次出現時間間隔(W=821, P<0.001)。

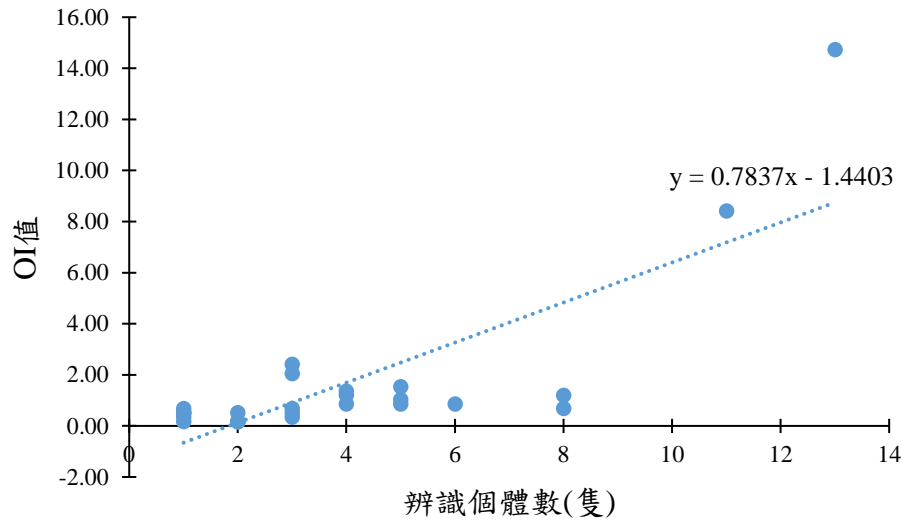


圖 8. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 26 個拍到犬的樣點，犬 OI 值與該樣點可辨識犬個體數($r=0.787$, $P<0.001$; $r_s=0.733$; $P<0.001$, $n=26$)。

表 6. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 62 隻可辨識犬隻在不同週期出現紀錄

個體	週期	個體	週期
----	----	----	----

此部分資料網路不公開

2. 貓的影響

研究期間30個相機樣點共於11個樣點記錄到貓，有貓的樣點中，貓的OI值介於0.17到5.32之間(附錄2)。

日活動模式重疊度分析中，石虎和貓的活動重疊機率為0.82 (95%CI: 0.73-0.90)，屬於高度重疊(圖9)。

貓出現對石虎連續兩次出現時間間隔的影響分析，沒有貓出現時，石虎連續兩次出現時間間隔平均為 482.1 ± 46.9 小時($n=161$)，貓出現後，石虎連續兩次出現時間間隔平均為 $1,297.9 \pm 248.3$ 小時($n=11$)(圖10)。兩者有顯著差異($W=290, P<0.001$)，顯示石虎會因為樣點有貓的出現而延後在樣點出現的時間。

同時記錄到石虎及貓的樣點有10個，有石虎沒有貓的有18個，有貓沒有石虎的有1個，兩個物種都沒記錄到的有1個。兩個物種同時出現的樣點-週期有12個，石虎與貓的OI值無顯著相關($r_s=0.291, P=0.359, n=12$)。這結果顯示石虎沒有刻意躲避有貓的樣點，貓的OI值高低亦對石虎活動沒有顯著影響。

2019年10-12月記錄到9隻不同個體的貓，2021年3-11月在樣區內辨識出16隻不同的貓。2021年有貓出現的11個樣點，貓的OI值與可辨識的個體數呈現顯著正相關(皮爾森相關係數 $r=0.850, P=0.001$ ；斯皮爾曼等級相關係數 $r_s=0.842, P=0.001, n=11$)(圖11)。不同的貓在各個週期出現的結果如表7。2021年記錄的16隻個體中，有0隻在4個週期都有記錄到，有3隻在3個週期有發現，有3隻在2個週期有紀錄，另有10隻只出現在1個週期。

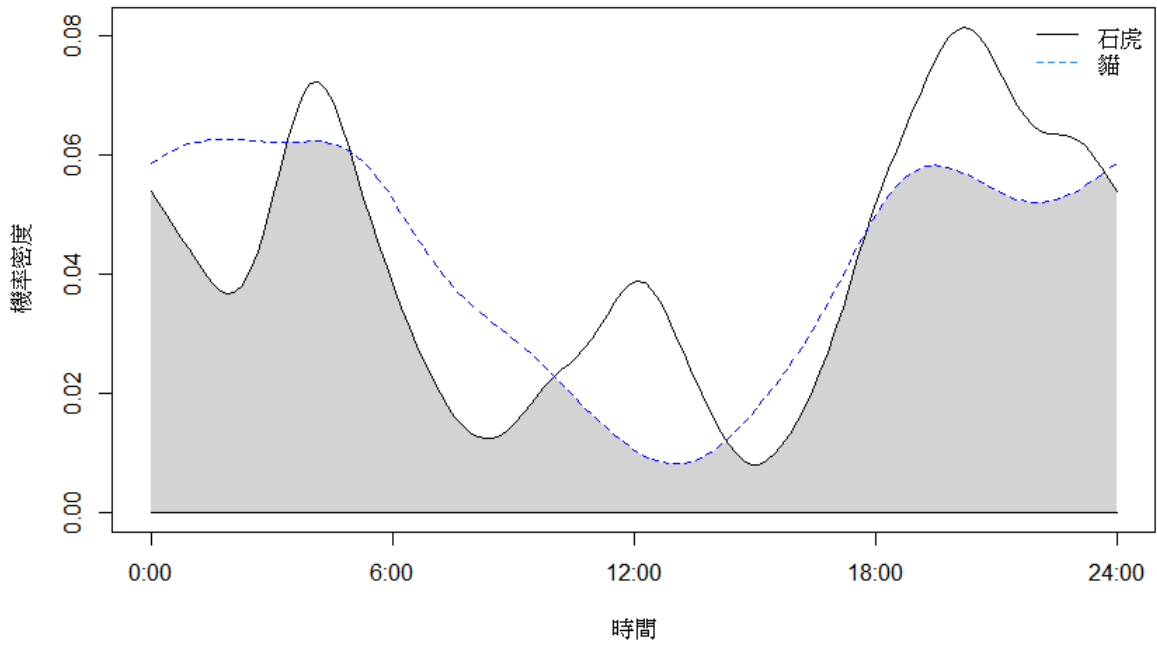


圖 9. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區，石虎和貓之活動時間重疊機率密度，其重疊係數為 0.82(95%CI: 0.73-0.90)。石虎有效照片數 205 筆，貓有效照片數 85 筆。

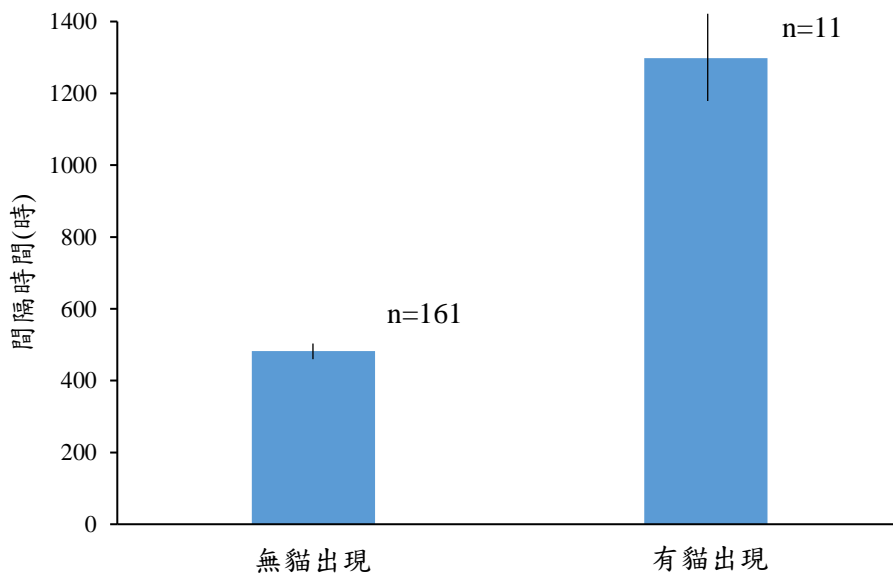


圖 10. 貓出現對石虎連續兩次出現時間間隔之影響。無貓出現時石虎連續兩次出現時間間隔平均=482.1±46.9 小時(平均±1 SE, n=161)；有貓出現時石虎連續兩次出現時間間隔平均=1,297.9±248.3 小時(n=11)。石虎連續兩次出現時間間隔，顯著小於其間有貓出現時連續兩次出現時間間隔(W=290, P<0.001)。

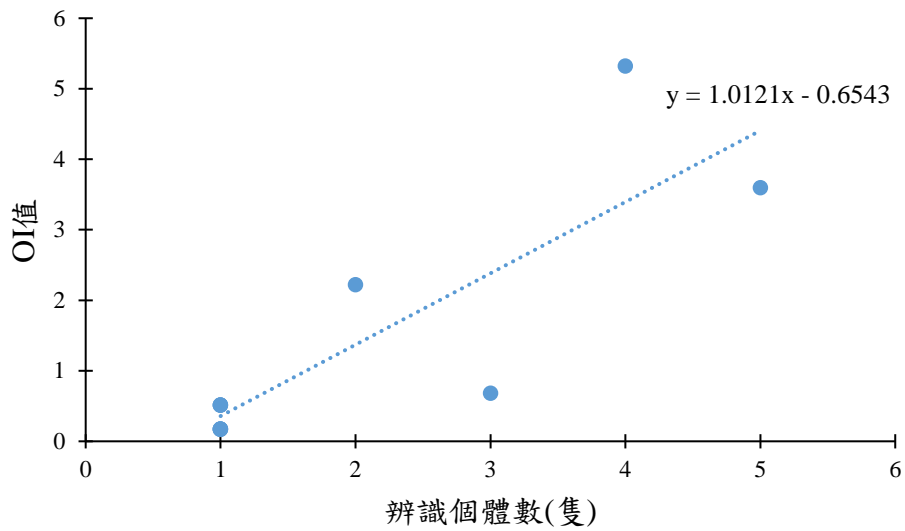


圖 11. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 11 個拍到貓的樣點，貓 OI 值與該樣點可辨識貓個體數($r=0.85$, $P=0.001$; $r_s=0.842$, $P=0.001$, $n=11$)。

表 7. 2021 年 3-11 月南投中寮樣區 16 隻可辨識貓隻出現週期

個體編號	週期			
	第一週期	第二週期	第三週期	第四週期

此部分資料網路不公開

(三) 石虎與食物資源之關係

樣區的雉雞科鳥類僅記錄到竹雞 1 種。30 個相機樣點共有 22 個樣點記錄到竹雞，竹雞的 OI 值介於 0.17 到 6.84 之間(附錄 2)。在 37 個同石虎與竹雞共域的樣點-週期中，石虎及竹雞出現的樣點之 OI 值沒有顯著相關($r_s=-0.170$, $P=0.315$, $n=37$)。

30 個相機樣點共有 24 個樣點記錄到鼠科鼠類及鼯形目動物，其 OI 值介於 0.17 到 2.56 之間(附錄 2)。在 31 個同時有石虎與鼠科鼠類及鼯形目動物的樣點-週期中，兩者之 OI 值沒有顯著相關($r_s=0.262$, $P=0.155$, $n=31$)。

30 個相機樣點共有 24 個樣點記錄到松鼠科動物，其 OI 值介於 0.17 到 4.79 之間(附錄 2)。在 42 個同時有石虎與松鼠科的樣點-週期中，兩者的 OI 值呈現顯著正相關($r_s=0.469$, $P=0.002$, $n=42$)，代表松鼠科動物 OI 值越高處，石虎之 OI 值也越高(圖 12)。

研究期間臺灣野兔僅在 1 個樣點有紀錄、秧雞科灰腳秧雞僅在 3 個樣點有紀錄，因樣本數過少，沒有進行上述相關性分析，將其與鼠科鼠類及鼯形目動物、竹雞、松鼠科合併為全部食物資源，其在 29 個樣點有紀錄。全部食物資源 OI 值介於 0.34 到 9.07 之間(附錄 2)。在 57 個同時有兩者的樣點中，兩者的 OI 值沒有顯著相關($r_s=0.186$, $P=0.161$, $n=57$)。

4 個週期各物種之 OI 值變動如圖 13、14。與第三週期相較，石虎在第四週期的 OI 值上升，但估算的族群密度並沒有增加，原因是第四週期有部分個體有較多的有效照片數，導致辨識出的石虎數量沒變但 OI 值顯著增加。

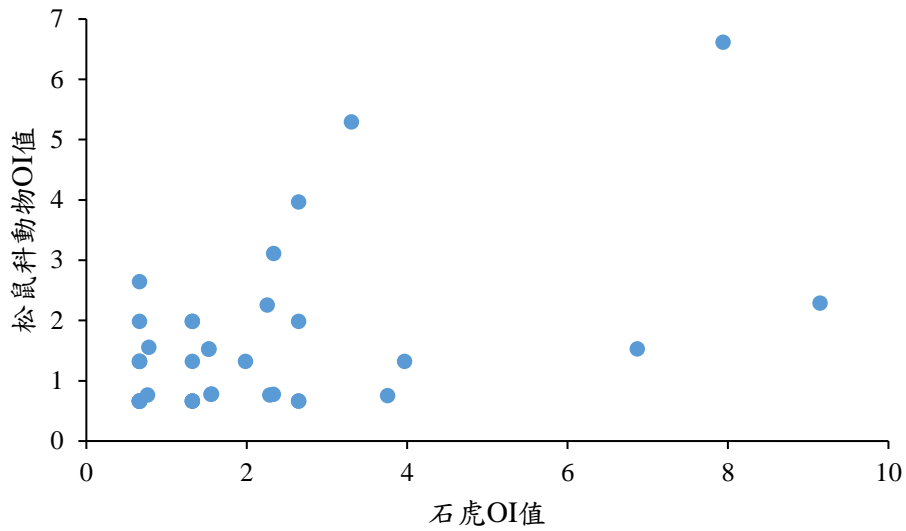


圖 12. 2021 年 3 到 11 月，石虎與松鼠科動物 OI 值關係圖($r_s=0.469$, $P=0.002$, $n=42$)。

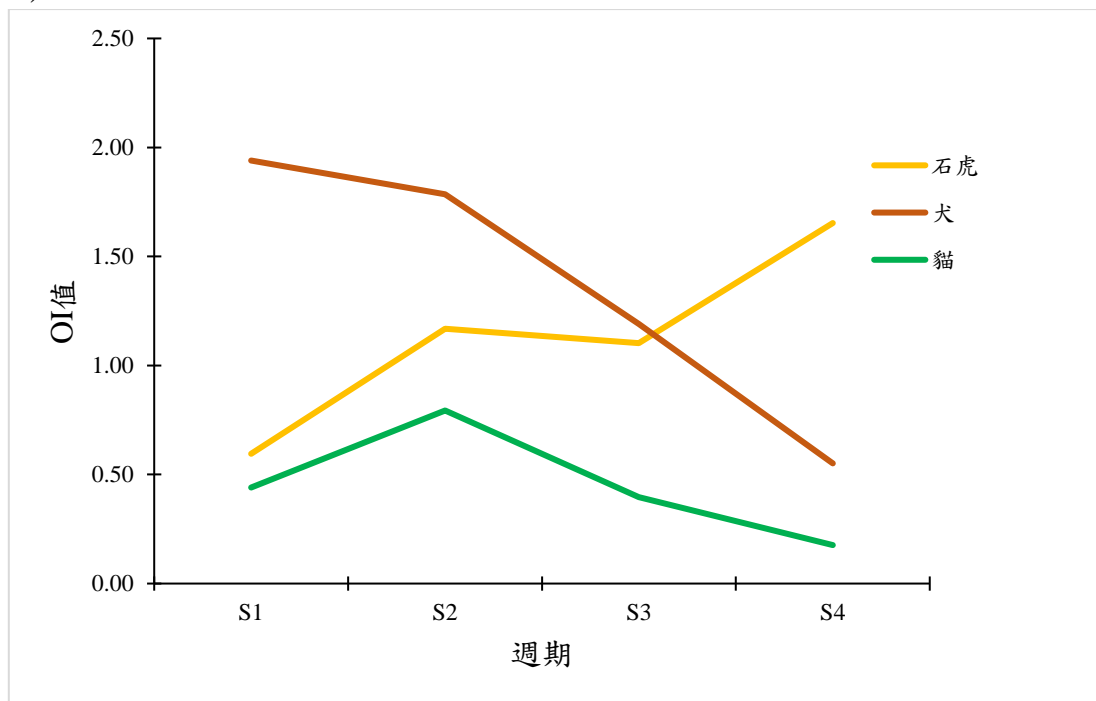


圖 13. 研究期間石虎、犬與貓的 OI 值週期變動。

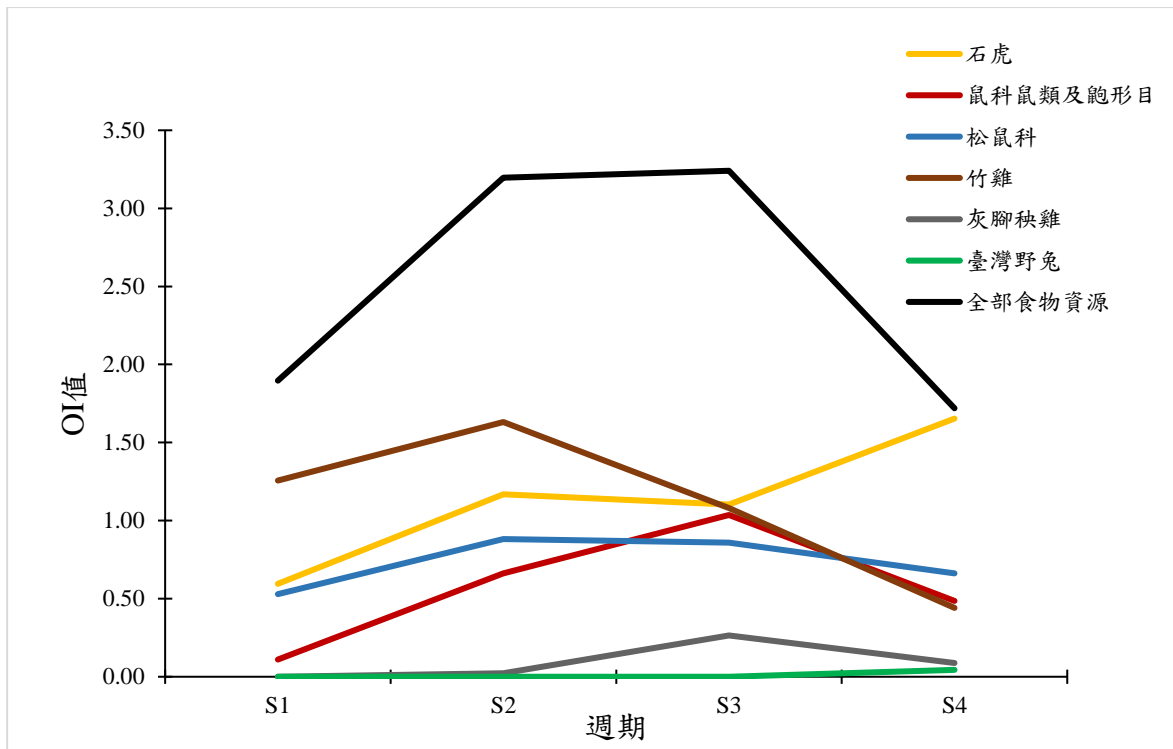


圖 14. 研究期間石虎與不同食物資源的 OI 值週期變動。

(四) 石虎生殖參數的蒐集

2019 年 10-12 月，在樣區內共於 2 個樣點記錄到 2 筆母石虎與 2 隻幼獸一起活動的相片，分別為 2019 年 11 月 28 日在本研究樣區 A17 樣點及 2019 年 11 月 23 日在 A19 樣點。2020 年 5 月 4 日在南投中寮第二樣區，記錄到母石虎與 2 隻幼獸一起活動。2021 年 7 月分別於 A03 與 A16 兩樣點紀錄到石虎親子活動照片(圖 15)。

在圈養的環境下，石虎的懷孕期約 60-70 天，每胎約產下 2-4 隻幼獸，通常 2-3 隻(趙明杰，1993)。根據特生中心野生動物急救站及臺北市立動物園石虎配對的經驗，石虎在 2-9 月皆有生殖紀錄，推測主要發情和交配期與西表山貓類似，為冬季至隔年春季初期；臺北市立動物園的紀錄中，有幾筆育幼失敗後再懷孕，甚至有同一個體一年產二胎的紀錄，分別為 2 月、5 月及 8 月(趙明杰，1993)，若排除再懷孕的情形，石虎生殖高峰期推測在 2-6 月，交配高峰期可能落在 12 月至隔年 4 月，幼獸大約出生 2 週後睜眼(林育秀等，2013)。

在與臺灣鄰近的西表山貓研究中，認為其無明顯生殖季，但多在冬季至春季初期有稍微的高峰，推測和亞熱帶地區氣候條件有關(Okamura *et al.*, 2000)，西表山貓發情期約 11 月至隔年 4 月，生產期則為 4-6 月，懷孕期約為 60 天(Kitchener, 1998)，交配高峰期預估為 2-4 月，育幼期約有 4-4.5 個月(Okamura *et al.*, 2000; Schmidt *et al.*, 2009)。

國內有關石虎生殖生物學的資料主要來自圈養個體的觀察，野外石虎是否有明顯的生殖季，尚無定論。本研究在 5、7 及 11 月有記錄到幼獸出現，陳美汀等(未發表資料)於 2021 年 5 月在東勢地區有記錄到母獸帶幼獸的照片。野外石虎幼獸(育幼期)出現在不同月份，推測臺灣地區的石虎應無明顯的生殖季。未來可持續累積野外幼獸的資料，或從失怙或受傷送到急救單位的幼獸來推斷出生的月份。

	
<p>A. 2019年11月23日在中寮第樣區A19樣點拍攝到母石虎與2隻幼獸活動</p>	<p>B. 2020年5月4日在中寮樣區B10樣點拍攝到母石虎與2隻幼獸活動。</p>
	
<p>C. 2021年7月22日在中寮樣區A03拍攝到母石虎與1隻幼獸活動。</p>	<p>D. 2021年7月7日在中寮A16樣區拍攝到母石虎與1隻幼獸活動。</p>

圖 15. 中寮地區自動相機拍攝到母石虎攜帶幼獸的照片。

四、結論與建議

(一) 結論

1. 本研究自2021年3月11日至11月17日(四個週期)的研究期間，共記錄到30隻石虎個體，四個週期的石虎族群密度介於22-32.3隻/100 km²之間，與2019年的49隻/100 km²相比，第一週期族群密度顯著的較低，但之後的三個週期有回升的趨勢。
2. 本研究每部相機樣點辨識出的石虎個體數量與該樣點石虎的OI值呈現正相關，顯示OI值可以反映石虎的相對豐富度。
3. 本研究期間在樣區內記錄到62隻犬，雖然空間尺度的分析顯示石虎在樣點的活動量(OI值)並不會因為犬的活動量增加而下降，但在犬出現後，石虎會延後在該樣點出現的時間。此外，研究樣區石虎與犬的日活動模式有中度以上的重疊度，當石虎遇到犬，有被攻擊的機會。
4. 本研究期間記錄到16隻貓，雖然貓的數量比犬少，但石虎與貓的日活動模式重疊度很高。本研究結果顯示石虎雖不會因貓的活動降低活動量，但貓出現後石虎會延後出現時間。
5. 在4個食物資源類群中，松鼠科(主要是赤腹松鼠)的OI值變動與石虎OI值變動呈現正相關，其餘類群沒有發現有相關性。
6. 本研究綜合文獻資料及野外母石虎攜帶幼獸的資料，發現石虎幼獸育幼期並沒有集中在特定季節，推論臺灣地區的石虎應該沒有明顯的生殖季。

(二) 建議

1. 本研究為國內首度針對單一地區進行較長期的石虎監測及石虎族群密度的估算，雖然看出石虎密度隨時間的變動，但影響石虎族群密度的變動是否受到犬、貓或食物資源豐富度變動的影響，可能需要更長期的監測資料才能看出。因此，建議持續進行監測累積資料。
2. 本研究30個樣點中，有兩個樣點(A01及A06)沒有拍到石虎。這兩個樣點在前期計畫(2019)皆有拍到石虎，但A01附近300公尺處自2021

年初有野溪整治工程，A06在附近約200公尺處於2021年7-8月間有大面積整地，導致大片次生林消失，推測這些擾動可能影響石虎出沒。未來建議可加入個別相機樣點的棲地變化是否影響整體石虎族群密度變化進行探討。

3. 本研究在樣區內記錄到62隻犬及16隻貓，分析結果顯示石虎會在時間尺度上去避開犬、貓。建議未來仍應致力於降低野外犬、貓的數量，以降低對石虎的影響。此外，照片中有記錄到佩掛GPS的獵犬與人一起出現，推測可能有犬獵的情況。未來可進一步將犬分為遊蕩犬隻、有主犬隻(有項圈)及獵犬(有佩戴GPS)，依個別樣點石虎與犬隻屬性及其出沒狀況，分別探討犬對石虎的影響。
4. 前人研究從排遺分析結果顯示小型地棲性哺乳動物是石虎主要的食物來源，但本研究在4個食物資源類群中，僅有松鼠科的OI值與石虎OI值變動呈現正相關。食物資源豐富度變動對石虎的影響可能有時間上的延遲效應，因此未來可嘗試以不同的方法進行探討。

五、參考文獻

- 房兆屏(2016)南投地區石虎的分布與棲地利用。國立嘉義大學農學院森林暨自然資源學系碩士論文，65頁。
- 林育秀、林德恩、蔣雅郁、蔡繼鋒(2018)中部地區友善道路改善計畫(苗栗、臺中及南投地區省道)。交通部公路總局，197 頁。
- 林育秀、詹芳澤、林桂賢、王齡敏、林冠甫(2013)石虎之域外保育研究(二)。臺北市立動物園101年度動物認養計畫成果報告，13頁。
- 林良恭、姜博仁、王豫煌 (2017) 重要石虎棲地保育評析(2/2)。行政院農業委員會林務局105-林發-07.1-保-30。
- 姜博仁、王玉婷、蔡作明、曾威(2018)石虎捕食利用模式研究-以苗栗地區放養 家禽場所及森林作業空隙為例。新竹林區管理處。
- 姜博仁、曾建偉、王逸峰、王玉婷(2019)苗栗縣大尺度之路殺風險評估暨縣道 140 改善建議分析。行政院農業委員會林務局，136 頁。
- 翁國精、劉建男(2020)自動相機動物監測整合計畫(3/4)。行政院農業委員會林務局主管一般科技計畫 109 農科-10.10.1-務-e2。
- 陳盈如(2020)臺灣石虎族群存續力分析。國立嘉義大學農學碩士在職專班碩士論文，85頁。
- 陳美汀、劉威廷(2019) 107年度臺中地區石虎族群調查及石虎重要棲地與廊道改善評估。臺中市政府農業局委辦計畫。
- 陳貞志、章愛梅、陳逸芸、廖慈惠、江明熹、柯建邦(2018)國立屏東科大學報育類野生動物收容中心疾病監測(1/3) (第1年/全程3年)。行政院農業委員會林務局107年度科技計畫研究報告，22頁。
- 裴家騏、姜博仁 (2004) 大武山自然保留區及其周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(三)。行政院農業委員會林務局保育研究 92-02號。159頁。
- 裴家騏、陳美汀(2008)新竹、苗栗之淺山地區小型食肉目動物之 現況與保育研究 (3/3) 行政院農業委員會林務局保育研究系列96-01號。
- 裴家騏、黃美秀、楊瑋誠、陳貞志、徐維莉、陳美汀、蔡其芯、梁又仁、潘

- 怡如、王常宇 (2011) 瀕臨絕種野生動物保育醫學研究發展之石虎疾病研究 (1/1)。行政院農業委員會林務局100年度科技計畫研究報告。
- 趙明杰(1993)石虎的繁殖。動物園雜誌50: 24-27。
- 劉建男、林金樹、林育秀等(2016) 南投地區石虎族群調查及保育之研究委託計畫(2/2)。行政院農業委員會林務局保育研究系列103-05號。
- 劉建男、洪語晨、顏全佑、陳盈如、姚怡瑄(2018) 107年度石虎保育策略研擬與研究案。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 劉建男、陳宣汶 (2020) 108-109年度石虎保域行動綱領研擬與密度估算研究案。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委辦計畫。
- 顏全佑(2021)以自動相機估計南投地區石虎族群密度。國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究所碩士論文，66頁。
- Bashir, T., T. Bhattacharya, K. Poudyal, S. Sathyakumar and Q. Qureshi (2013) Estimating leopard cat *Prionailurus bengalensis* densities using photographic captures and recaptures. *Wildlife Biology* 19: 462-472.
- Borchers, D. L. and M. G. Efford (2008) Spatially explicit maximum likelihood methods for capture-recapture studies. *Biometrics* 64: 377-385.
- Chao, A. (2001) An overview of closed capture-recapture models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 6(2): 158-175.
- Chen, C.-C., A.-M. Chang, T. Wada, M.-T. Chen and Y.-S. Tu (2019) Distribution of carnivore protoparvovirus 1 in free-living leopard cat (*Prionailurus bengalensis chinensis*) and its association with domestic carnivores in Taiwan. *PLoS ONE* 14(9): 1-10.
- Chua, M. A. H., N. Sivasothi and R. Meier (2016) Population density, spatiotemporal use and diet of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a human-modified succession forest landscape of Singapore. *Mammal Research* 61: 99-108.
- Efford, M. (2004a) Density estimation in live-trapping studies. *Oikos* 106: 598-610.

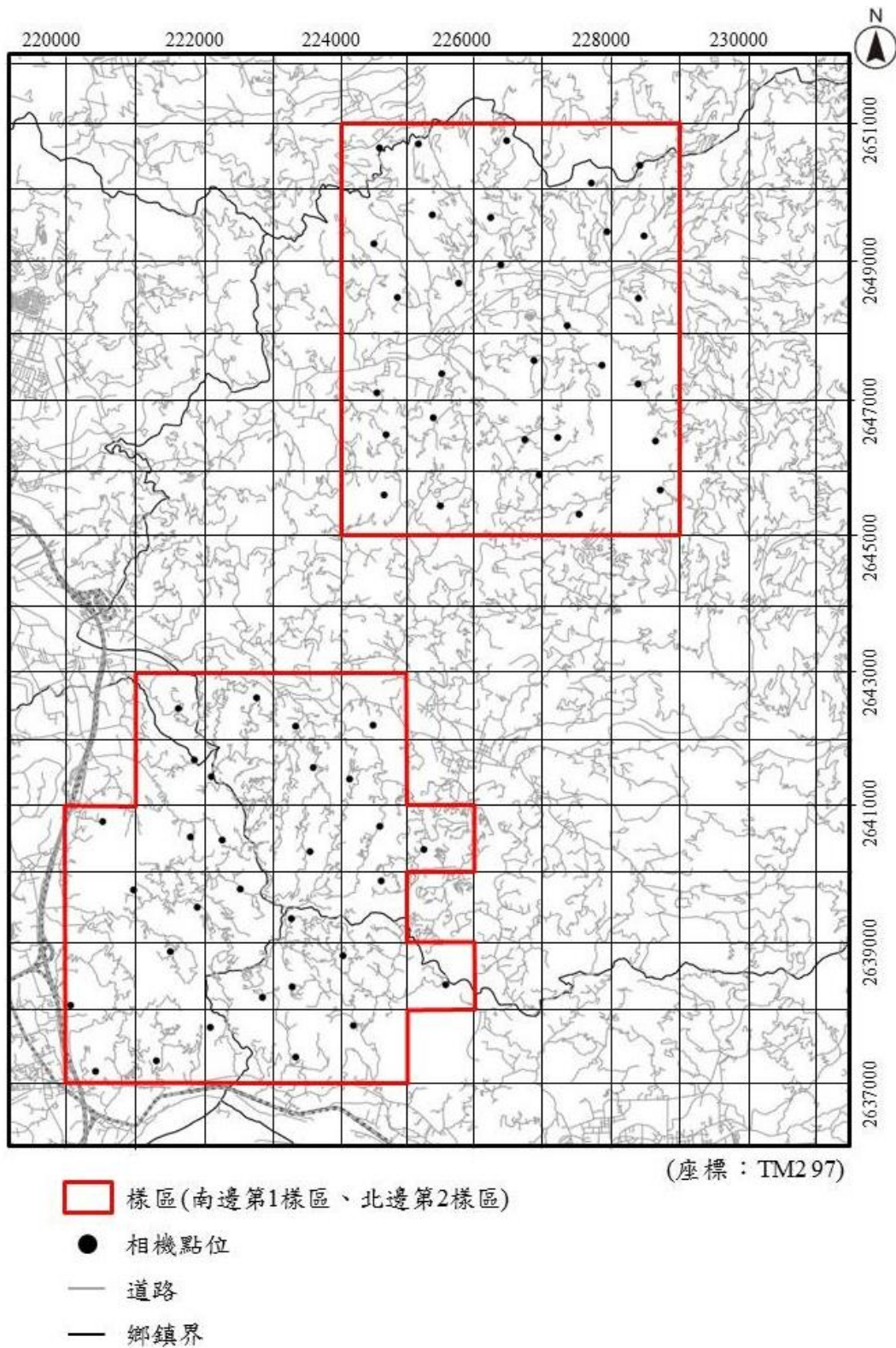
- Efford, M. G., D. K. Dawson, C. S. Robbins (2004b) DENSITY: software for analysing capture-recapture data from passive detector arrays. *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 217-228.
- Fantle-Lepczyk J., A. Taylor, D. C. Duffy, L. H. Crampton, S. Conant (2018) Using population viability analysis to evaluate management activities for an endangered Hawaiian endemic, the Puaiohi (*Myadestes palmeri*). *PLoS ONE*. 13(6): e0198952.
- Jackson, R. M., J. D. Roe, R. Wangchuk and D. O. Hunter (2006) Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin* 34: 772-781.
- Kano, T. (1930) The distribution and habit of mammals of Formosa (2). *Zoological magazine* 42: 165-173.
- Karanth, K. U. (1995) Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trapping data using capture-recapture models. *Biological Conservation* 71: 333-338.
- Karanth, K. U. and J. D. Nichols (1998) Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79: 2852-2862.
- Karanth, K. U., J. D. Nichols, N. S. Kumar, and J. E. Hines (2006) Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology* 87: 2925-2937.
- Kelly, M. J., A. J. Noss, M. S. Di Bitetti, L. Maffei, R. L. Arispe, A. Paviolo, C. D. De Angelo and Y. E. Di Blanco (2008) Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina, and Belize. *Journal of Mammalogy* 89(2): 408-418.
- Kitchener, A. (1998) *The Natural History of Wild Cats*. Cornell University Press, Comstock Publishing Associates.
- Lee, O., S. Lee, D.-H. Nam and H. Y. Lee (2014) Food habits of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*) in Korea. *Mammal Study* 39: 43-46.

- Lorica, M. R. P. and L. R. Heaney (2013) Survival of a native mammalian Carnivore, the leopard cat *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792 (Carnivora: Felidae), in an agricultural landscape on an oceanic Philippine island. *Journal of Threatened Taxa* 5(10): 4451-4560.
- Marnewick, K., P. J. Funston, and K. U. Karanth. (2008) Evaluating camera trapping as a method for estimating cheetah abundance in ranching areas. *South African Journal of Wildlife Research* 38: 59-65.
- McCullough, D. R. (1974) Status of larger mammals in Taiwan. Tourism Bureau, Taipei, Taiwan. 35pp.
- Mohamed, A. M., R. Sollmann, H. Bernard, L. N. Ambu, P. Lagan, S. Mannan, H. Hofer and A. Wilting (2013) Density and habitat use of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in three commercial forest reserves in Sabah, Malaysian Borneo. *Journal of Mammalogy* 94(1): 82-89.
- Mohamed, A. M., R. Sollmann, H. Bernard, L. N. Ambu, P. Lagan, S. Mannan, H. Hofer and A. Wilting (2013) Density and habitat use of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in three commercial forest reserves in Sabah, Malaysian Borneo. *Journal of Mammalogy* 94(1): 82-89.
- Monterroso, P., Alves, P. C., and Ferreras, P. (2014) Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in Southwestern Europe: implications for species coexistence. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 68(9): 1403-1417.
- Morrison C., C. Wardle, J.G. Castley (2016) Repeatability and reproducibility of population viability analysis (PVA) and the implications for threatened species management. *Front Ecol. Evol.* 4:98. doi: 10.3389/fevo.2016.00098.
- Niedballa, J., A. Wilting, R. Sollmann, H. Hofer, and A. Courtiol (2019) Assessing analytical methods for detecting spatiotemporal interactions between species from camera trapping data. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 5(3): 272-285.
- Okamura, M., T. Doi, N. Sakaguchi, and M. Izawa (2000) Annual reproductive

- cycle of the Iriomote cat *Felis iriomotensis*. *Mammal Study* 25: 75-85.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White and D. R. Anderson (1978) Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* 62: 3-135.
- Petersen, W. T., T. Savini, R. Steinmetz and D. Ngoprasert (2019) Estimating leopard cat *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792 (carnivora: felidae) density in a degraded tropical forest fragment in northeastern Thailand. *Journal of Threatened Taxa* 11(4): 13448-13458.
- Ridout, M. S., and Linkie, M. (2009) Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 14(3): 322-337.
- Rosas-Rosas, O. C. and L. C. Bender (2012) Population status of Jaguars (*Panthera onca*) and Pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, Mexico. *Acta Zoologica Mexicana* 28(1): 86-101.
- Royle, J. A., and B. Gardner. (2011). Hierarchical spatial capture-recapture models for estimating density from trapping arrays. pp. 163-190. In A. F. O'Connell, J. D. Nichols and K. U. Karanth, eds. *Camera Traps in Animal Ecology*. Springer, Berlin. 271pp.
- Schmidt, K., N. Nakanishi, M. Izawa, M. Okamura, S. Watanabe, S. Tanaka, and T. Doi. (2009) The reproductive tactics and activity patterns of solitary carnivores: the Iriomote cat. *Journal of Ethology* 27: 165-174.
- Schofield, G., Katselidis, K. A., Dimopoulos, P. and J. D. Pantis (2008) Investigating the viability of photo-identification as an objective tool to study endangered sea turtle populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 360: 103-108.
- Shehzad, W., T. Riza, M. A. Nawaz, C. Miquel, C. Poillot, S. A. Shah, F. Pompanon, E. Coissac and P. Taberlet (2012) Carnivore diet analysis based on next-generation sequencing: application to the leopard cat (*Prionailurus*

- bengalensis*) in Pakistan. *Molecular Ecology* 21: 1951-1963.
- Trolle, M. and M. Kery (2003) Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture–recapture analysis of camera-trapping data. *Journal of Mammalogy* 84(2): 607-614.
- Wallace, R. B., H. Gomez, G. Ayala and F. Espinoza (2003) Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi valley, Bolivia. *Journal of Neotropical Mammalogy* 10(1): 133-139.
- Wang, S. W., D. W. Macdonald (2009) The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation* 142: 606-613.
- Wang, S. W., D. W. Macdonald (2009) The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation* 142: 606-613.
- Watanabe S., N. Nakanishi and M. Izawa (2003) Habitat and prey resource overlap between the Iriomote cat *Prionailurus iriomotensis* and introduced feral cat *Felis catus* based on assessment of scat content and distribution. *Mammal Study* 28: 47-56.
- Watanabe, S. (2009) Factors affecting the distribution of the leopard cat *Prionailurus bengalensis* on East Asian islands. *Mammal Study* 34: 201-207.
- Yen, S.-C., Y.-T. Ju, P. -J. L. Shaner, and H.-L. Chen (2019) Spatial and temporal relationship between native mammals and free-roaming dogs in a protected area surrounded by a metropolis. *Scientific Reports* 9: 8161.

附錄 1. 劉建男與陳宣汶(2020)在南投中寮地區所建立的兩個各 30 km² 的樣區，每一個樣區又細分為 30 個 1 km² 的網格。左下為第一樣區、右上為第二樣區。



附錄 2. 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日在南投中寮樣區各樣點各物種的出現頻度指數(OI 值)

樣點	臺灣獼猴	犬	貓	石虎	食蟹獾	白鼻心	鼬獾	穿山甲	山羌	臺灣野兔	臺灣野豬	赤腹松鼠	大赤鼯鼠	鼠科及鼯形目
A01		0.17	0.68			20.80	1.53	1.36						
A02	9.03	1.36	0.17	1.53	0.85	6.99	13.29					0.85		2.56
A03		0.51		2.39	2.05	5.28		0.17				0.85		0.17
A04		0.34		0.85		6.31	0.85					0.34		0.34
A05		14.73	3.60	0.86		0.51	1.20							
A06					0.17	2.58	4.12	0.52			0.34	1.20		2.06
A07		0.17	0.52	0.52	0.52	12.71	4.47	0.52				1.55		0.52
A08		0.85		0.34		4.77	1.02	0.51	0.17			0.34		0.17
A09		1.20		1.20		8.22	1.37					0.34		0.34
A10				1.88	1.37	3.08	1.03					0.51		0.17
A11		1.54		1.54	0.51	1.71	0.68	0.17				0.17		0.51
A12		8.41	5.32	0.52		0.17	0.34					0.69		0.34
A13		0.17	0.17	0.34		12.36	1.55					2.06		1.72
A14		0.52		1.37	0.52	3.43	1.89		0.34		0.69	1.20		0.34
A15				0.17		3.59						0.17		0.17
A16				4.96		1.03	0.51	0.17				4.79		0.17
A17		2.41	0.17	0.52		2.75	3.09					0.69		0.17
A18		1.20		1.20	0.52	7.73	0.69					0.69		
A19		1.03		0.52	0.17	4.30	0.34					0.17		0.17
A20		0.17		0.68	0.34	2.74	1.37					0.34		1.37
A21		0.34		1.54	1.54	4.79	13.51					0.34		0.86
A22		0.68		1.71	0.85	3.08	1.71	0.34	0.17			1.03		0.51
A23		0.86	0.52	0.86	0.69	13.23	1.72					1.03		2.41
A24		0.52	0.52	0.34	0.17	6.36	0.52					0.86		0.34
A25		0.51		2.22		9.75	4.79			0.34	0.34		0.17	
A26		0.68		3.76	0.17	8.89	0.34	0.34				0.51		
A27				0.17		10.65	2.41					0.52		0.52
A28		0.86	0.17	1.72	0.34	5.33	0.69					0.69		
A29		0.68		0.34		5.30	1.71					0.17		0.51
A30		2.05	2.22	1.03	1.37	2.57	2.39		0.17			0.51		1.37

註：石虎獵物係指石虎潛在獵物，包含鼠科及鼯形目、松鼠科、臺灣野兔、雉雞科與秧雞科物種。臺灣獼猴、犬、竹雞以群體計算。相機總工作時數單位：時。

附錄 2(續). 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日在南投中寮樣區各樣點各物種
的出現頻度指數(OI 值)

樣點	翠翼 鳩	金背 鳩	珠頸 斑鳩	白腹 鵝	赤腹 鵝	八色 鳥	白腰 鵲	黑喉 噪眉	小彎嘴 畫眉	竹雞	黑冠 麻鷲	大冠 鷲	白頭 翁
A01	1.88						0.17			1.70	0.17	1.70	0.17
A02	8.69			0.17			8.01	0.17	0.34	1.70			
A03	1.87			0.34			0.17			0.17			
A04				0.17						0.17	0.85		
A05	0.51												
A06	2.06			0.52			1.20				1.37		
A07	1.37						0.17			1.20	0.17	0.17	
A08	2.73						0.17			0.17		0.34	
A09							0.17				0.34	0.17	0.17
A10	6.16									0.17	0.17		
A11	0.34										2.56		
A12	12.54						0.17				1.37		
A13	16.66		1.03		0.17		1.37		0.17	2.23	0.17		
A14							0.52		0.17	5.49			
A15	0.51					0.17							
A16	15.56	0.34					0.51		1.03	0.85	0.17		
A17	1.03			0.34			1.03		0.34		7.73	0.17	
A18	10.99			0.34			3.44		0.69	1.72	2.75		
A19	3.09			0.17			0.34	0.17	0.52	0.17			
A20	4.45		0.17	0.51	0.17		1.71		0.34	6.84			
A21	18.30		0.34	0.34	0.34	1.37	16.25	5.30	1.03	3.25			
A22	1.37						0.68			0.17	1.54		
A23	0.52						0.69			1.20			
A24	2.06					0.17	1.20			0.52	0.52		
A25	1.20						0.17			1.03		0.17	
A26	0.51						0.68			0.51	5.47		
A27	3.61						0.17				6.53	0.86	
A28	8.08					1.89	1.03	0.34		2.41	0.34		
A29	14.37	0.17	0.34				0.51			0.34	1.37		
A30	1.20						0.17		0.34	2.22	1.03		

註：石虎獵物係指石虎潛在獵物，包含鼠科及鼬形目、松鼠科、臺灣野兔、雉雞科與秧雞科物種。臺灣獼猴、犬、竹雞以群體計算。相機總工作時數單位：時。

附錄 2(續). 2021 年 3 月 11 日至 11 月 17 日在南投中寮樣區各樣點各物種
的出現頻度指數(OI 值)

樣點	虎鵝	黑枕 藍鵲	家雞	黃頭 鷺	鳳頭 蒼鷹	樹鵲	繡眼 畫眉	頭烏 線	大彎嘴 畫眉	灰腳 秧雞	臺灣 畫眉	磯鶻	白腰 文鳥	石虎 獵物	樣區 總時 數
A01														1.70	5866
A02														5.11	5867
A03			0.17											1.19	5867
A04														0.85	5868
A05															5840
A06				0.17										3.26	5824
A07														3.26	5823
A08														0.68	5868
A09														0.68	5841
A10														0.86	5841
A11														0.68	5849
A12							0.17							1.03	5823
A13							0.17							6.01	5823
A14														7.04	5824
A15														0.34	5842
A16														5.81	5848
A17														0.86	5821
A18										2.23				4.64	5821
A19	0.17													0.52	5820
A20										0.51				9.07	5844
A21		0.17				0.51	1.20	0.17	0.17	0.17	0.86	0.17	0.17	4.62	5847
A22					0.34									1.71	5848
A23														4.64	5820
A24														1.72	5818
A25														1.54	5844
A26														1.03	5846
A27		0.17												1.03	5819
A28														3.09	5818
A29														1.03	5844
A30														4.10	5847

註：石虎獵物係指石虎潛在獵物，包含鼠科及鼬形目、松鼠科、臺灣野兔、雉雞科與秧雞科物種。臺灣獼猴、犬、竹雞以群體計算。相機總工作時數單位：時。

附錄 3 期中報告審查意見回覆對照表

一、 時間：110 年 8 月 18 日（星期三）上午 10 時整

二、 地點：視訊會議

三、 主持人：林副局長濤貞

審查委員	審查意見	意見回覆
林委員良恭	<p>1. 請說明估算模式選擇用 MtEE 的理由，以及週期的選擇方式，為何是以 2 個月一週期、7 天一回的計算方式，而不是用育幼期或繁殖期長度作為週期？</p> <p>2. 本年度重複捕捉的有效照片數較 2019 年少的可能原因為何？</p> <p>3. 表 1 中，有 8 隻個體只單獨出現一次，以前做捕捉／再捕捉研究時，這類個體不會納入計算，因為代表非持續存在於本區域；另超過 3 回合才再出現的個體以往也不會納入計算，所以這種情況下實際可以用來計算密度的個體只剩 6 隻。</p> <p>4. 是否有可能以圖 6 計算 $y=ax+b$，未來可能可從 OI 值估算有多少個體，對未來石虎調查可提供很重要的參考。</p> <p>5. 貓和犬的交叉影響統計結果應再予斟酌，因犬為日行性，石虎為夜行性，建議考量將白天和晚上分開來統計。另外用卡方分析，因僅有 30 處樣點，在統計上容易造成看不出顯著性的差異。</p> <p>6. 摘要最後一段提到沒有拍攝到石虎親子活動照片，建議此處不需特別說明之前研究有拍到。</p>	<p>1. 謝謝委員意見。本研究取標準誤最小的模型。在前期(劉建男與陳宣汶，2020)研究中，有嘗試以不同天數(3、5、7)設定 1 個回合進行分析，結果以 7 天為 1 個回合有最佳表現。本研究設定每一個週期的期間為封閉族群，因此幼獸不會納入密度分析。</p> <p>2. 推測可能的原因是受到 2020 年到 2021 年初的長時間乾旱所影響，但不易證實。未來可以全臺動物監測計畫(翁國精與劉建男，2020)的相片資料，來分析較極端的氣候因子對野生動物族群相對豐富度的影響。</p> <p>3. 石虎族群密度低，所以在 1 個週期(63 天)只拍到 1 次在多數研究中都是常態。本研究將只出現 1 次的個體也認定為定居的個體，因此在估算族群密度時，會將在樣區內所有出現的個體(包括只出現 1 次)都納入分析。</p> <p>4. 圖 6 是以 Spearman 進行相關性分析，雖兩者具有顯著相關，但不一定是直線的線性相關。未來會嘗試找出兩者之間是否亦呈</p>

	<p>7. 前言和文獻回顧重複部分太多，請再檢視修正。</p> <p>8. 所引用 2020 年研究的作者有時候僅有劉建男，有時候又是劉建男和陳宣汶，請再確認。</p> <p>9. 若為前期資料的圖表，應加註說明。</p> <p>10. 1/2MMDM 的 sample size 應該要予以說明。</p> <p>11. 圖 5 圖示只有點位，沒有道路或溪流等周邊資訊，建議將更多資訊納入，讓閱讀者更了解周邊環境情形。</p>	<p>現線性相關($y=ax+b$)，以利其他僅有 OI 值資料的研究可以參考比較。</p> <p>5. 本研究會加入時間尺度的分析。另每個樣點會有 4 個以上的週期，期末報告時會以每個樣點每個週期為單位進行分析，可提高樣本數。</p> <p>6. 遵照委員意見辦理。</p> <p>7. 遵照委員意見辦理。</p> <p>8. 統一為「劉建男與陳宣汶，2020」</p> <p>9. 遵照委員意見辦理</p> <p>10. 遵照委員意見辦理</p> <p>11. 遵照委員意見辦理</p>
翁國精委員	<p>1. 摘要中提到，「在 15 個樣點共錄到 37 組石虎有效」，漏了照片二字，另請說明這邊的組為何。另有效取樣面積此處寫 48.38km²，但內文應有 2 個有效取樣面積，請再修正文字。</p> <p>2. P9 實施方法提到，「每當有一組新的影像與已辨識個體比較，若有多處特徵則視為同一隻」，所謂多處是否有量化標準？具體標準為何？</p> <p>3. P9 最末段提到，緩衝區面積是平均最大移動距離的 1/2，但 P10 首段又說 1/2MMDM 以石虎活動範圍之半徑代表，前後敘述不符。</p> <p>4. P10 提到遊蕩犬貓也會進行活動範圍的估算，但目前計畫成果還沒看到，後續計算活動範圍是否也是用同樣方式估算？</p> <p>5. P13 有兩側照片應該要有兩種捕捉史矩陣，但目前只有表 1 一種，建議一併提供左側和右側的捕捉史矩</p>	<p>1. 謝謝委員意見。「照片兩字已補上」。因為相機拍攝時設定為 5 連拍，所以把 5 連拍的照片稱為 1 組，為避免混淆，統一改為 1 筆。本研究後來統一以非空間直觀估計法來估算族群密度，所以將有效面積等地敘述刪除。</p> <p>2. 在個體辨識部分，如果有明顯不同的特徵就會分成不同個體，但如果沒有明顯不同特徵，較難區分，通常就以主要辨識人員的經驗來判定是不是同一隻，並無一定的具體量化標準。</p> <p>3. 本研究後來統一以非空間直觀估計法來估算族群密度，所以將有效面積等地敘述刪除。</p> <p>4. 犬貓不會計算活動範圍。本研究有關犬貓的分析，主要以 OI 值的變動及其與石虎 OI 值的變動是否有關。</p>

	<p>陣，並說明兩側的合併方式。</p> <p>6. P13 提到左側和右側分別辨識出的隻數，與表 3 數值不符。</p> <p>7. P13 用範圍二字不易理解，請修正成 95%信賴區間。</p> <p>8. P13 族群密度所估算的最大值 0.62 隻/km²和 0.54 隻/km²有誤，請再確認。</p> <p>9. 有拍到石虎的樣點數為 15 個，與圖 6 的數量不符，請確認是否遺漏，圖 7 也有相同問題。</p> <p>10. 在做犬與石虎的關連性分析時，有犬卻沒有石虎的地方，也有可能是石虎本來就不會利用的地方，這種點位越多，相關性不顯著的情況會越嚴重。建議用兩者同時有出現的點位做 OI 值的關連性分析。另以我的經驗，犬和穿山甲的 OI 值關連性為時間上的負相關，而非空間上的負相關，建議調查時間拉長、資料累積較多後也可以做時間上的關連性分析。</p> <p>11. 簡報有提到過去研究發現在兩側都有相機的情況下，辨識出的石虎個體數可增加三成，但這次似乎未呈現此一結果，建議可一併納入討論。</p> <p>12. 密度單位有時用隻/km²，有時用隻/100km²，建議統一。</p> <p>13. 圖 6、圖 7 為 OI 值和辨識個體數的相關性，若未來密度估算有累積不同時間的話，建議看密度和 OI 值的關係，而非個體數和 OI 值的關係。</p>	<p>5. 本研究統一使用可辨識出較多個體數那一側的資料來製作捕捉史矩陣及估算族群密度。</p> <p>6. 本研究統一使用可辨識出較多個體數那一側的資料來製作捕捉史矩陣及估算族群密度。</p> <p>7. 遵照委員意見辦理。</p> <p>8. 已重新分析並修正。</p> <p>9. 圖 6 及圖 7 有部分樣點有相同的辨識隻數及 OI 值，所以樣點重疊。期末報告時會依據新的資料重新製圖。</p> <p>10. 遵照委員意見辦理。犬貓對石虎的影響，期末報告時會加入時間尺度的分析。</p> <p>11. 遵照委員意見辦理。</p> <p>12. 遵照委員意見變理。</p> <p>13. 本研究只有 1 個樣區，所以只有 1 個密度估算值。未來如果其他地區有族群密度及 OI 值的資料，再進行探討。</p>
林育秀委	1. 石虎亞種已改為與韓國	1. 謝謝委員建議，已統一不

員	<p>同一個亞種，建議考慮修改亞種名或直接不列亞種。</p> <p>2. 建議於圖 1 加上整個南投地圖，再框出研究區域，以表現地理位置。</p> <p>3. 目前各樣區的 OI 值差異只能自行比對附錄 1，建議在內文將樣點位置圖和 OI 值一起呈現。另外西南幾處樣點完全沒有拍到石虎，建議可以做相機位置的微調，有時候移動十幾公尺可能就拍到了。若未來這個計畫會繼續執行，可將多長時間沒拍到石虎會微調相機位置於實驗方法中敘明。</p> <p>4. 特生中心也有彙整石虎野外救傷與繁殖紀錄及遭犬攻擊的資料，若有需要可以提供給團隊參考。</p> <p>5. 特生中心的石虎追蹤從下午 5 點到隔天早上 7 點都有定位點，這部分也可以提供劉老師做為估算移動距離的參考。</p> <p>6. 有拍到犬的點位也幾乎都有拍到石虎，推測棲地偏好很類似，但活動時間不同。但既然會有攻擊情形，就代表一定有同時活動的狀況，若擔心調查結果被誤解，建議在前言先著墨。</p>	<p>列亞種名。</p> <p>2. 遵照委員意見辦理。</p> <p>3. 遵照委員意見辦理。另沒拍到石虎的點位，位維持與前期的一致性，將先暫時不調整。</p> <p>4. 謝謝委員。</p> <p>5. 本研究後來統一以非空間直觀估計法來估算族群密度，所以不再主動輸入移動距離或計算有效面積，相關敘述刪除。</p> <p>6. 本研究期末報告會加上時間尺度的分析。</p>
黃綉娟簡任技正	<p>1. 希望能在報告中呈現樣區的基本環境資訊，除了地理環境資料，人為活動經營對石虎影響也是很重要的因素（如果園、住宅等），中寮也是執行石虎生態給付計畫的重要區域，樣區周邊若有協助推動的農友是否可能對石虎族群造成影響？特生中</p>	<p>1. 圖 1 會加上溪流等相關地理資訊。石虎生態給付計畫應有助於降低對石虎族群的威脅，長期來看應對石虎族群有助益，但短期之內應無法由族群量的變動看出是否為生態給付計畫的成效。未來本計畫如持續進行，可以嘗試比較</p>

	<p>心也有協助做友善農業的相關監測，建議可考量將這部分資料納入計畫一起檢視比對。</p> <p>2. 研究區域為 30 公里的範圍，之後是否可用此資料推估到整個南投或更大範圍的石虎族群狀況？</p> <p>3. 預期效益提到期能了解石虎族群密度隨時間變動情形，這邊的時間尺度為何？</p>	<p>在有生態給付計畫附近的樣點，石虎的 OI 值有顯著的提升。</p> <p>2. 本研究嘗試建立個體隻數與 OI 值的相關性，如果該相關性建立，以後有石虎 OI 值的地區可利用 OI 值來推估石虎數量或密度，即可用來推估更大區域的族群數量。</p> <p>3. 本研究以 9 周為一個週期，把這段期間當作是封閉族群。未來希望計畫持續進行三年。</p>
--	---	---

附錄 4 期末報告審查意見回覆對照表

一、 時間：110 年 12 月 21 日（星期二）下午 2 時整

二、 地點：本局 7 樓會議室

三、 主持人：林副局長濔貞

審查委員	審查意見	意見回覆
翁國精委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. P.12 OI 平均值是否以各相機之 OI 值計算平均？還是以全部有效照片數除以全部相機工作時數？ 2. 除了 OI 值及辨識個體數的相關性（圖 5），是否可評估 OI 值與估計密度的相關性（表 4、表 5）？ 3. P.23 最後一段是否表示犬隻流動性高？有無可能估計犬隻密度，並與 OI 值比較？ 4. 圖 5 及圖 8 中，OI 值最高的點是否可能為 outlier？ 5. P.30 第二行「在 37 個同時有石虎與竹雞...」的「同時」易造成誤解，建議改為「共域」。 6. P.33 「繁殖」或「生殖」季的定義不明，報告中似乎指育幼期。 7. 表 4，週期欄位建議寫明年、月範圍。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見。P12 OI 平均值是把 30 台相機的 OI 值取平均。 2. 目前密度估算值只有前期計畫(劉建男與陳宣汶，2020)2 個樣點及本計畫 1 個樣點 4 個周期，共 6 次的估算值，且密度與 OI 值變動都不大，因此不容易看出兩者的相關性，似後續本研究樣區持續累積監測資料或其他地區有以相同的方法估算密度及 OI 值，有較多樣點資料後，再進行相關性分析。 3. 本研究期間記錄到的 62 隻犬中，有 27 隻(43.5%)僅在 1 個周期中有出現，的確顯示犬的流動性大，但許多犬常伴隨人活動，並非真正遊蕩犬隻，可能也是其中一個原因。由於許多犬非遊蕩犬隻，無法估算活動範圍，因此以模型估算密度值有難度。 4. 圖 5 及圖 8 OI 值最高的點的確可能是 outlier，但 outlier 仍可以具有重要的意義。此外，本研究同時呈現以 Spearman(非線性)及 Pearson (線性)相關係數，因此保留該樣點不予以刪除。 5. 依照委員意見辦理(P30)。

		<p>6. 謝謝委員建議，本報告如引用動物園或其他研究單位的生殖資料，文字使用「生殖」，本計畫記錄到母獸與幼獸照片，統一改為「育幼期」(P33)。</p> <p>7. 遵照委員意見辦理(P21)。</p>
<p>林育秀委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. P.14 食物資源減少或氣候因子影響石虎的族群密度，建議可將 2019 的食物資源 OI 列入當佐證資料。 2. 狗的 OI 是用隻還是群？獵犬也可能影響石虎出現狀況，建議可區隔整理。 3. 是否可加註目前兩隻雞舍危害追蹤個體的編號。 4. 東北區域石虎的 OI 較高不知是否有可能是雞舍的數量所致，可將生態給付的雞舍資料納入。 5. 松鼠的 OI 和石虎呈現正相關，聯想到錄影資料有記錄到石虎出現，松鼠就會警戒的行為，推測石虎要抓松鼠比較困難。(不過食性分析確定有松鼠，比例較低而已)。 6. 生殖時間可加入近年幼獸救傷資料。 7. P.44 黑喉"噪"眉。 8. A01 和 A06 這次計畫期間均無石虎紀錄，估算密度所使用面積部分是否應縮減？此兩樣區是否有明顯變化以致無石虎？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議。2019 年食物資源 OI 值的資料及相關論述以補充於 P14-15。 2. 本報告犬的 OI 值是以群來計算。本研究有拍攝到 3 隻有帶 GPS 的犬隻，應為獵犬，但有些犬隻有項圈但沒有 GPS，無法確定是否為獵犬。未來可針對確定有獵犬出現的點位，探討獵犬對石虎的影響。 3. 特生中心追蹤中的兩隻個體編號分別為 L08(永哥)及 L25(盛哥)。已補充於 P20。 4. 謝謝委員建議，如有雞舍的點位圖，將套入以檢視是否與雞舍數量有關。 5. 目前資料顯示石虎與赤腹松鼠 OI 值呈現相關，但相關不代表有因果關係，可能只是兩者對於棲地環境的需求較類似。未來如能蒐集更長期的監測資料，會進行更細緻的分析。 6. 謝謝委員建議。後續將與特生中心聯繫取得近年幼獸救傷資料。 7. 已更正。 8. A01 及 A06 在前期計畫(2019)皆有拍到石虎。A01 附近 300 公尺處自 2021 年初有野溪整治工

		<p>程；A06 在附近約 200 公尺處於 2021 年 7-8 月間有大面積整地，導致大片次生林消失，推測這些擾動可能影響石虎出沒。本研究因要會與 2019 年前期資料比對，樣區範圍應維持一致，未來將持續累積資料，探討個別樣點是否因人為干擾導致整體石虎密度降低。</p>
<p>羅 尤 娟 組 長</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 石虎的相片資料持續累積後，是否可能發展 AI 辨識技術？ 2. 本計畫成果是否可用以推估全台石虎族群數量？ 3. 目前本局、管理處及縣市政府皆有進行石虎相關調查計畫，建議未來進行統整性的資料整合分析，及提出應優先研究分析的議題建議。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議。目前國外有發展一些套裝軟體，來輔助野生動物的個體辨識。顏全佑(2021)嘗試使用 Hotspotter 的軟體，評估利用機器學習來辨識臺灣石虎個體的可行性，結果顯示無法完全依賴該軟體來辨識個體，但可以提供輔助，提升判斷率。未來 AI 在野生動物個體辨識的應用，仍需看是否有業者願意投入研發。 2. 目前本研究的樣點數代表性仍不足，未來持續累積資料及加入苗栗及台中等其他地區石虎密度與 OI 值的資料後，如能建立密度與 OI 值的相關性，才能較準確地進行全島石虎族群數量估算。 3. 局裡 2020 年已完成石虎保育行動綱領研擬及保育行動計畫，建議可召開石虎保育工作小組會議，檢視各單位 2021 年執行的狀況。
<p>黃 綉 娟 簡 任 技 正</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第一週期與後續週期相較，後續週期的 OI 值有增加的趨勢，是否在個體辨識上能夠看出幼獸與成 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究幼獸的紀錄並不多，且族群數量估算時並沒有把確定是幼獸的個體放入分析，因此辨識的個

	<p>體的數量變化情形？</p> <p>2. 結論建議分點說明，並加強說明犬貓與石虎間的關係。</p>	<p>體皆為成體。</p> <p>2. 遵照委員意見辦理。</p>
鄭伊娟 科長	<p>1. 之前特生中心於南投地區也有進行監測，與本計畫資料相較是否有上升或下降的變化情形？</p> <p>2. 圖 4 右上角區域 OI 值較高，因鄰近縣道 139，該區域是否有路殺資料？</p> <p>3. 照片拍攝到之犬隻是否能分辨獵犬或遊蕩犬，何者比例較高？</p>	<p>1. 特生中心監測並沒有用來估算密度，與本計畫結果可能無法用來比較。本研究主要跟前期計畫(劉建男與陳宣汶，2020)相比。</p> <p>2. 根據特生中心彙整的路殺資料，縣道 139 的確有發生過石虎路殺。</p> <p>3. 相片中的犬如果有掛 GPS 發報器，推測應該就是獵犬，其他不容易判斷是否為獵犬。本研究記錄到的 62 隻犬，有 3 隻有掛發報器，14 隻有項圈，其他無。</p>
王佳琪 專員	<p>1. 計畫中有討論石虎與獵物間的關係，但獵物也有其他捕食者，彼此間是否會有其他關連性？</p> <p>2. 目前計畫成果推估南投地區為每百平方公里約 20-30 隻石虎，又其他區域推估可高達每百平方公里約 70-80 隻。就科學角度而言，此類掠食者在自然環境中密度多少為正常數量？是否有其他國家之數據可供參考比較？</p>	<p>1. 謝謝委員意見。其他捕食者的確可能會影響獵物的豐富度，但本研究主要探討石虎與獵物相對豐富度變化的關係，即使其他物種有影響到獵物，會顯現在獵物的 OI 值變化上，不會影響石虎獵物相關性的分析。</p> <p>2. 野生動物在一個地區的族群密度受到很多生物及非生物因子的影響，無法準確地說密度多少屬於正常。以不同地區的豹貓為例，新加坡地區密度可高達每 100 平方公里 100 隻以上，馬來西亞部份地區則僅有 10 幾隻甚至低於 10 隻。不同地區豹貓的密度，已於內文描述(P15)。</p>