

狩獵科學監測及永續管理

文、圖／翁國精（國立屏東科技大學野生動物保育研究所教授）

原住民狩獵議題最大的爭議就是狩獵本身和保育之間的衝突。因為一般人對狩獵的第一印象就是殺戮，而殺戮可能會帶來動物的減少，甚至滅絕，所以許多人把狩獵視為野生動物生存上面臨的嚴峻挑戰。但從有歷史紀錄以來，原住民並沒有造成任何物種的滅絕，相反的，許多滅絕的物種都是由所謂的「文明人」過度獵捕而造成的，例如旅鴿、袋狼、馬達加斯加象鳥、北非獅、斯特拉海牛、大海雀等等都是如此。因此「狩獵等於濫捕」這樣的觀點實際上是一種偏見，諷刺的是真正濫捕的人卻將這種偏見用來指責原住民的狩獵行為。原住民長久以來與自然界和諧共存，深知如何從一草一木中解讀野生動物資源的變化，並恰如其分地從自然界獲取資源以維持生存。如果原住民的狩獵會對野生動物造成威脅，那麼下一個面對威脅的將是原住民自己，然而這樣的事情從沒發生過。相比之下，不需要依賴狩獵技能維生的我們，缺乏生於自然、解讀自然的智慧，所以我們只能透過科技產品和科學數據來了解這個世界。因此我們需要以「文明人」

能理解的方式，也就是科學的角度來理解野生動物資源的變化，這就成為原住民狩獵和野生動物經營管理之間溝通的橋梁。

族群量變化 野生動物經營管理的代表性指標

野生動物的經營管理是一門非常複雜的科學，需要收集大量的資訊，這些資訊包括動物的生活史，如交配季節、懷孕期長度、產仔時間、飲食習性、數量、棲地偏好、目前的分布範圍和潛在棲地等。我們還需要掌握動物所面臨的生存威脅、健康狀況以及跟其他動物的關係等，幾乎每項資訊都至關重要。然而由於資源有限，我們難以收集所有必要的資訊，因此很難對每個物種都有透徹的了解。在資源有限的情況下，如果只能依賴一項資訊來做野生動物經營管理的決策，那這個資訊會是什麼？答案就是野生動物的族群量。為什麼是族群量？因為從監測野生動物的族群量變化，我們可以做到以下幾項重要的事情。

1. 維護生物多樣性

每一個物種在其生態系統中都扮演著重要的角色。當某種物種的族群數量大幅增加或減少時，可能會打亂該生態系的秩序，並可能對其他物種產生連鎖反應。例如目前臺灣森林中的頂級掠食者（尤其是獵人）數量大幅減少，導致草食獸數量大增，進而大量消耗食物資源，造成森林底層植被與棲息其中的物種數量減少。

2. 威脅識別

透過觀察野生動物族群的趨勢，我們可以提早發現對某些物種的威脅。這些威脅可能包括棲息地破壞、污染、氣候變遷、疾病或外來物種的侵入。一旦這些威脅被發現，就可以採取適當的保育行動。

3. 物種存續

有些物種正面臨滅絕的危險，密切監控這些物種的族群數量、分布變

化等，可以讓保育人員採取保護和增加這些族群的措施，有可能從而拯救物種免於滅絕。

4. 政策與規劃

野生動物族群趨勢的可靠數據可以影響野生動物管理、土地使用及環保的政策制定和規劃。例如哪裡應該設立保護區，哪些物種需要法律保護，以及如何管理人類與野生動物的衝突。

5. 知識累積

追蹤長期的野生動物族群趨勢有助於我們更理解生物和生態過程，它提供了對物種生活史特徵、對環境變化的反應以及與其他物種互動的訊息。

6. 生態系統健康的指標

野生動物族群的變化常常凸顯整體生態系統的健康和功能的變化。例如某一特定物種的突然減少可以提醒我們須被解決的失衡或問題。



林業及自然保育署在山區架設的自動相機捕捉到水鹿出沒及啃食樹皮的行為

在討論如何從科學的角度來觀察狩獵對動物族群的影響之前，我們應該先了解一件事，那就是影響動物數量的因素多且複雜，諸如棲地面積、棲地完整度、食物資源、天候、疾病、動物（包含外來種）之間的競爭、路殺、犬殺等等，都扮演著重要的角色，狩獵只是眾多的潛在因素之一而已。動物族群量的變化是這些因素綜合影響的結果，我們很難釐清每一種因素對動物族群的影響程度，所以無論我們看到動物數量的增加或減少，都很難歸因於某個特定的因素。也因此，在解讀野生動物數量的變化時，必須做通盤的考量，最好能夠結合不同物種的監測成果來做綜合的判斷。

談到要監測野生動物的族群量，是不是就應該計算動物實際上有多少隻？然而，估計可靠的野生動物數量需要花費極高的成本，包括人力、物力、財力都所費不貲，而且只能在有限的範圍、短時間內的族群量才可靠。一旦範圍擴大，時間拉長，數量估計值的可信度就會大大降低。此外，經營管理的決策不一定需要明確的族群量估計值，族群量的變化趨勢（也就是動物族群量上升、持平或下降）就足以提供保育策略上的依據。而野生動物經營管理的空間尺度通常至少會涵蓋一個保護（留）區以上的面積，尤其主管全國野生動物保育的林業保育署更需要從國家的尺度綜觀全局，在如此大範圍的野生動物監測中，精

確的族群量估算並不適用。相對來說，觀察族群量變化趨勢才是有效率的監測方式。

監測動物豐度 自動相機助力

既然實際數量非必要，而是趨勢觀察更為重要，那該如何進行監測呢？我們利用的就是目前技術已經成熟，且國際上廣泛使用的紅外線自動相機監測法。這種相機可以偵測熱源和光線的變化，當動物（鳥類、哺乳類等）產生熱源，或任何移動的物體造成相機前的光線變化時，就會啟動快門拍下影像。自動相機可以全天候工作，並具有夜視功能，可同時記錄下動物出現的時間、地點、天候等資訊，且依照動物種類的不同，還可以區分性別、年齡、生殖狀況等。更重要的是，我們可以透過單位努力捕獲量（capture per unit effort）的概念來量化動物數量。在這個概念中，「捕獲量」指的是相機拍到的動物照片張數，張數愈多表示動物愈多；而「努力」則涵蓋了相機數量和工作時間，例如3臺相機分別工作20、30、50天，總努力量就是100臺天。可想而知，隨著努力量增加，拍到的動物照片數也會增加，因此必須以「單位努力量」將動物的數量做標準化，例如以每100天或每1,000小時的努力量來計算動物照片張數。換句話說，我們將動物照片張數除以總工作時間，

再乘以單位努力量，就可以得到一個標準化的動物豐度 (abundance) 指標，豐度指標的上升表示族群量提高。之所以稱為「豐度」，是因為這個數值並不等於動物的個體數，而是反映動物相對的量，所以豐度倍增並不等於族群量倍增，這是解讀時必須注意的地方。這樣的指標在國外通稱為相對豐度指標 (relative abundance index, RAI)，在國內則習慣以出現指數 (occurrence index, OI) 稱之。

不過我們可能會馬上想到，相機並不會區分動物的個體，因此同一隻個體在相機前面徘徊，或多隻個體從相機前面經過，相機拍攝到的照片張數可能是一樣多的，但是 2 種情況的動物豐度顯然不同，這樣是不是會影響相對豐度指標的可信度？事實上，在計算照片張數的時候，我們並不會納入每張照片，而是照片之間相隔至少一段時間（例如 30 分鐘、1 小時等）以上才會計算，以避免同樣的個體被重複拍攝，這樣的照片我們稱之為獨立照片或有效照片。除了以間隔時間來確保照片之間的獨立性之外，相同個體被重複拍攝的情況在每臺相機都有可能發生，所以不易造成特定相機的偏差。最後，指標的計算是包含多臺相機的資料，若少數相機確實有重複拍攝的問題，也會被多數相機的相對豐度指標「稀釋」掉。國內的許多實證研究也發現，相對豐度指標的確可以反應動物族群量的變化，包括在



■ 自動相機可用來監測動物豐度（豐年社提供）

水鹿、鼬獾、石虎、遊蕩犬貓等研究都已經得到驗證。

自動相機實際操作示範

有了可靠的相對豐度指標，接下來就是實際操作的問題了。如果目標是監測全國的野生動物相對豐度變化，該如何配置相機呢？自動相機監測需要考量正確性、效率和持續性。所謂「正確」其實就是常被質疑的「代表性」，也就是相機點位（或監測結果）是否能夠代表真實的情況。實現代表性的結果有 2 種方式，第一種也是最直覺的方式，就是我們取得的樣本跟我們對族群的認知是非常接近的。例如我們從生活經驗得知臺灣男生的平均身高約在 170 — 175 公分左右，所以 1 位身高 172 公分的男生就很可能具有代表性，可以代表典型的臺灣男生身高，而在籃球場上飛奔的職業球員就不具有代表性。但是這個方法

的前提是，我們對於一般男生的身高已經有基本概念，才能判斷哪些人具有代表性。然而，在野生動物調查中，我們能事先知道樣區的動物狀況嗎？如果我們能判斷哪些樣本或樣點具有代表性，是否意味著我們已經知道我們要調查的結果了？這顯然是一個自相矛盾的狀況。

因此，第二個獲得代表性樣本的方法，就是隨機選取相機的點位。在理論上，隨機取樣可以獲得真正的平均值，不過這在實務上難以實現。例如當隨機選取的點位落在湖泊中央、峭壁上、道路上、人類聚落裡等，就不可能架設相機。因此，實務上的做法是先將樣區（例如全國的林班地）切割成很多個一樣大小的方格，然後隨機選取部分的方格架設相機，而相機在方格內的位置則要選擇動物可能出現的地點，例如有獸徑、水源、排遺等出現的地方。至於如果要檢視狩獵與動物豐度的相關性，則應該以同樣的步驟在獵區內選擇點位。

接著，相機架設一段時間後，我們會檢討每臺相機的拍攝成果。在全國性、跨物種的監測系統中，我們希望每臺相機拍攝多種不同的物種，因此僅拍攝到少數物種的相機可能就需要調整其位置，以提升效率。此外，在颱風、大雨過後造成道路中斷而無法回收的相機位置，或相機曾失竊的地點也會檢討並重新選擇。話說回來，調整相機位置並不能超出前面隨機選

取的方格範圍，以維持隨機的原則。最後只有能穩定回收照片資料的相機點位才會是最終固定的點位。

相機不換位置、不加減數量

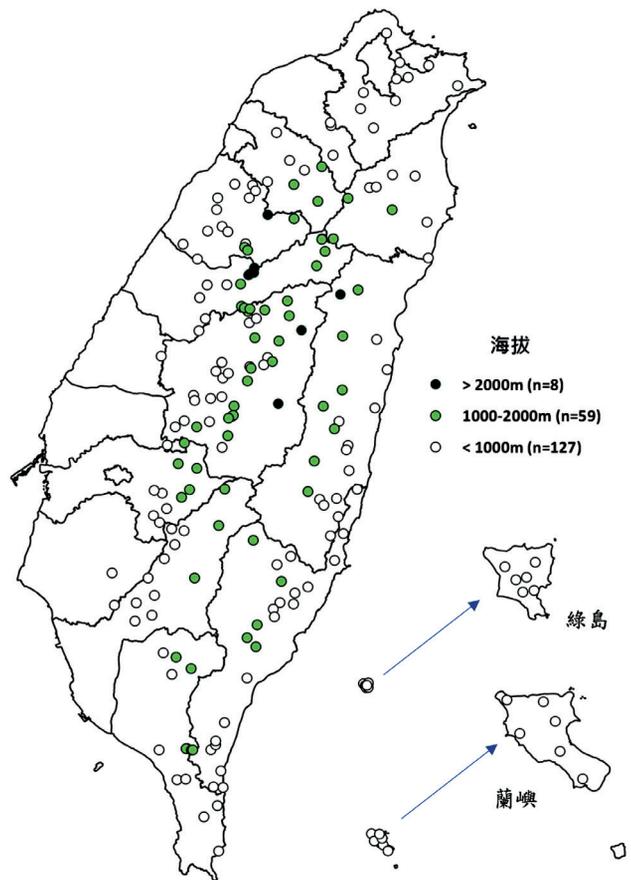
談到固定點位，這是監測當中非常重要的概念。監測最重要的目的是觀察動物豐度的變化，但動物的數量會因時因地而異，假如監測一段時間之後我們發現動物的豐度降低了，只要相機的位置是固定的，則「因地而異」的可能性就可以排除。但如果監測過程中改變了相機位置，就無法判斷是動物的豐度隨時間推移而降低，亦或是因為相機換到動物豐度較低的地點。此外，監測的目的並不是追著動物跑，即便某臺相機位置的動物減少甚至消失了，也不應該更換位置。如果因為動物豐度降低而將相機移動到豐度較高的位置，那就看不出來動物減少的趨勢了。

另一項重要的考量就是相機的數量。從統計學上來說，相機數量當然不嫌多，前提是相機之間要保持適當距離，避免不同相機的拍攝成果過於接近。但是要多少臺相機才足夠呢？這是一個非常複雜的問題，要考量到監測的目的、範圍、精確度，以及可以投入的資源等多重因素。從最簡單的情況來思考，其實只要相機位置固定且長期拍攝，即便只有1臺相機也可以告訴我們許多故事。想像一下，

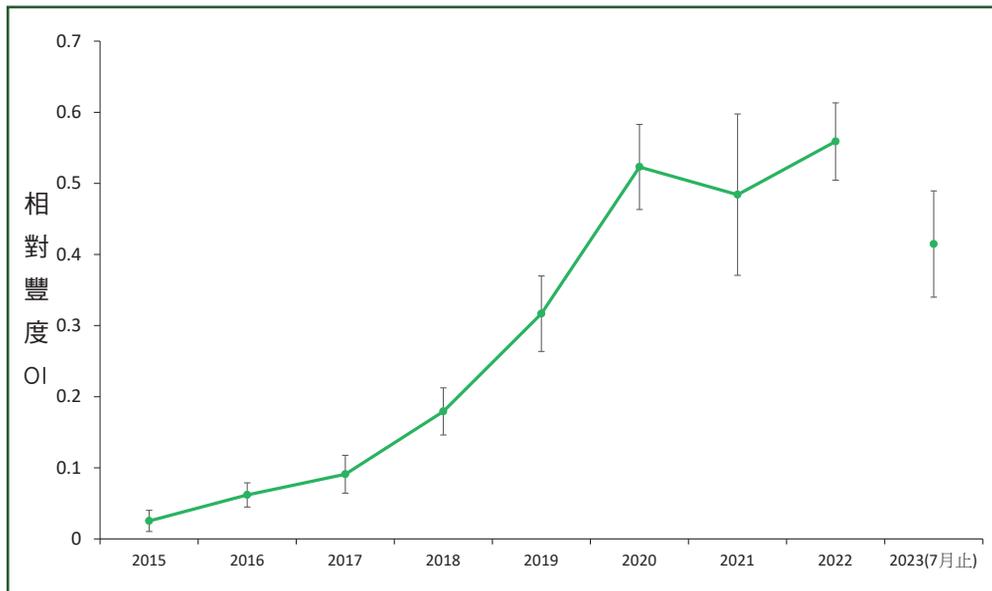
你在巷子口掛了1臺自動相機，記錄著路上來來往往的人車。一開始，你可以知道一天到底經過幾臺車、走過幾個人，以及每個時段的人潮變化，也許還可以辨認出時常出現的人和車。時間久了，你開始了解人車的變化和背後的原因，像是經過的學童變少了，是因為暑假到了；人車都變少了，是因為年假期間大家都出門去玩了；接著疫情來了，幾乎看不見人車，因為大家都不能出門。幾年下來，你還發現到一些規律，像是和假期、天氣有關的變化。更長的時間過去，你會看到社區的變化，人車流量減少可能代表人口外流，社區開始沒落；相反地，人車變多了，尤其是年輕人和小朋友增加，那就可能表示社區變得更有活力，吸引了更多人來。想想看，如果這種監測的方式可以擴大到整座城市，我們就可以從整個城市的人流和車流變化，推測出城市正在發生什麼事。雖然我們不能確切知道這個城市有多少人、多少車，但是這些變化卻能告訴我們這個城市的許多故事呢！

上面所描述的情境，最重要的前提是固定的點位和長期的監測，這樣無論有幾臺相機，都可以獲得有用的資訊。因此，相機數量最終取決於我們所能負擔的人力、物力和財力了。所以做自動相機的長期監測，要在確保能夠長期維護固定數量相機的前提下，盡量準備多一點相機，再依照上述的步驟來部署。

除了可以拍攝動物之外，相機當然也可以記錄人為活動。林業保育署目前在臺灣本島及蘭嶼、綠島隨機點位架設的哺乳動物長期監測網有194臺相機，部分相機恰巧落在有狩獵活動的區域，拍攝到許多獵人持槍或伴隨獵犬的影像。如果採用與監測動物豐度相同的指標，我們同樣也可以計算獵人每年的相對豐度。近幾年來的監測結果顯示，2019到2021年的獵人相對豐度特別高。這使我們聯想到，



■ 哺乳動物全島監測網



■ 哺乳動物全島監測網水鹿相對豐度趨勢圖

這段時間就是 covid-19 疫情的警戒期間，在許多活動甚至工作都停滯的情況下，獵人似乎更活躍於山林了。這也顯示狩獵行為其實是在閒暇之餘才有機會從事的活動，非賴以維生或毫無節制的行為。如果不是透過自動相機監測，我們可能無從了解疫情與狩獵活動之間的關係。除了隨機拍攝到的獵人之外，林業保育署的 8 個地區分署與學術單位及原住民部落合作，執行狩獵自主管理的計畫，並在獵場中架設相機。這些相機是學術團隊取得獵人信任後，由獵人帶領團隊在自己的獵場中架設的，用意在於記錄獵人進出獵場的情形。因為經過獵人同意，所以獵人不會迴避鏡頭，這使我們可以探討獵人的活動頻度和動物相對豐度的關係。這種將狩獵活動曝光在鏡

頭前面，並可以量化為科學數據的監測，是臺灣的野生動物經營管理中前所未有的成果，更不是光靠自動相機就能夠達成的。關鍵在於保育主管機關將自主管理的權力歸還給原住民，原住民信任並配合輔導團隊的科學監測方法，在三方互相信任與合作之下，才能逐步解開狩獵與野生動物之間的關係。

監測結果的啟示

有了野生動物豐度的監測成果後，我們該如何從監測成果了解狩獵對野生動物的影響？首先我們必須釐清，要從多大的尺度來看這個問題，也就是我們經營管理的範圍有多大。如果是針對單一部落，我們就要在部



■ 獵人影像

落的獵場內架設相機，並針對獵場統計動物豐度的變化；但如果我們著眼的是全國的野生動物資源，則應該在全臺灣的範圍內執行上述的架設步驟，而不是針對每個獵場，這個空間尺度會隨著保育主管機關的權責範圍和目標範圍而改變。其次，狩獵不是影響動物族群的唯一因素，因此如果動物豐度持平或上升中，表示在各種因素的綜合影響下，目前的狩獵強度並不會對野生動物的存續造成影響；如果監測結果顯示動物豐度正在下降，也不表示這是狩獵造成的。然而狩獵是一個能迅速反應並能調節強度

的經營管理手段，如果動物數量過高造成危害，透過針對性的狩獵就可以控制數量，如同埃及聖鸚的移除，在獵人的協助下迅速達標。而當動物豐度下降需要拯救時，要釐清原因可能曠日費時，透過棲地保育、教育宣導等手段來補救更是緩不濟急，這時候先減少或停止狩獵行為，讓動物有更多休養生息的時間和空間，就是最迅速的做法。而這也是原住民獵人調節狩獵強度以維護自己獵場內動物豐度的山林智慧，差別在於原住民獵人不需要依賴現代科技，大費周章地分析科學資訊而已。♻️