

打開熊神話的一把鑰匙： 臺灣黑熊之捕捉及追蹤研究

A key to the Bear Myth: capture and telemetry
of the Formosan black bear

黃美秀 / Mei-Hsiu Hwang / hwangmh@mail.npust.edu.tw

/ 台灣黑熊保育協會名譽理事長、屏東科技大學野生動物保育研究所副教授兼所長

為何研究需要捕捉野生動物

野生動物研究、經營管理和保育所必需的資訊，最主要是從野外的動物身上所蒐集而得。雖然這些資訊很多可以透過間接方式獲得，例如從排遺檢測荷爾蒙、食性、腸道寄生蟲和遺傳等，但是有些資訊卻只能透過動物捕捉的方式獲得，比如年齡、形態、族群結構、精液生理學等。因此，動物捕捉繫放是被用以瞭解動物生態習性的一種重要方法。對於食肉目動物而言，牠們不僅生性隱蔽，加上密度通

常較低，捕捉繫放遂提供了研究者或管理者一種其他技術難以取代的資訊蒐集方法，而其中最常見的目的便是為動物掛上無線電追蹤器。

事實上，透過捕捉和無線電追蹤熊類所獲得的資料，遠遠超過沒有捕捉熊所能獲得的有限數據，這也就是為什麼採用這些技術的研究仍是目前蒐集野生動物保育和經營管理中最有效方法。這類工作的價值已明白地顯示於臺灣的科學研究中，其中一個重要的發現便是，約有一半被研究捕捉的臺灣黑熊(*Ursus thibetanus*)

臺灣黑熊的捕捉繫放研究因為嚴苛的野外調查環境，以及黑熊稀少性和對人的警覺性而具高度挑戰性。

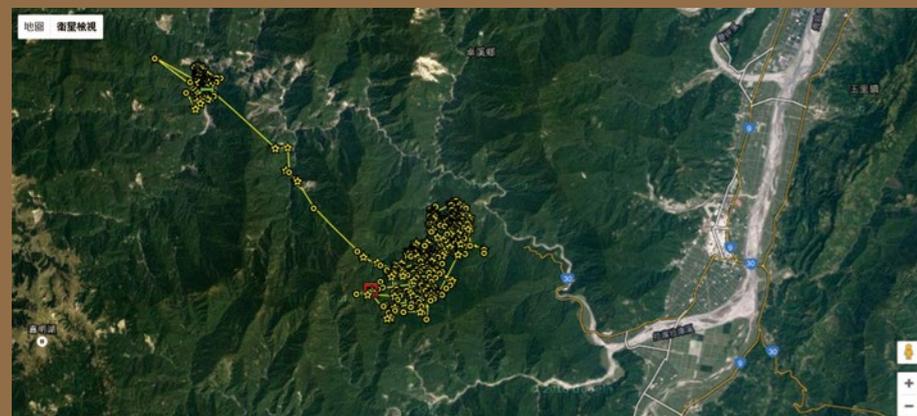
formosanus，以下簡稱黑熊)都有過去曾因誤入獵人陷阱而遺失的腳趾或掌的紀錄(資料來源：玉山國家公園1998-2000年捕捉繫放資料)。如果沒有為了研究的目的而捕捉黑熊，這樣的情況恐怕將永遠不會為人知曉。

動物追蹤系統如衛星追蹤器或超高頻的發報器，得以讓我們知道動物的活動範圍、季節性移動模式、播遷(離開出生地)、棲息地的特色(如海拔、植被等)和動物偏好、密度估算，以及確認死亡地點等。當然，除了繫掛追蹤器之外，動物活體捕捉還可以讓研究者蒐集到其他關於族群的重要資訊，包括族群結構和性別比，以及各種測量(體重、體型、人為所導致的傷殘等)，並且提供各種生物樣本(血液、排遺、分泌物、體外寄生蟲等等)，以瞭解該動物本身或族群的健康狀況、疾病感染及遺傳問題等。

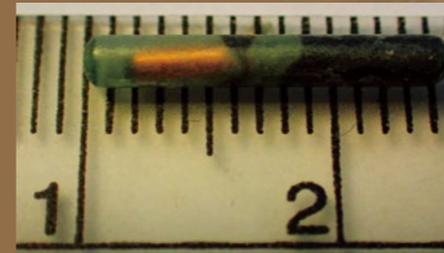
以筆者1998-2000年於玉山國家公園進行黑熊首次的捕捉繫放研究為例，累積蒐集的資料不僅協助我們化解各種關於此物種的種種迷思，也提供了許多讓人驚嘆的內幕。譬如：(一)研究捕獲的15隻黑熊中，有8隻有曾斷掌或斷趾，顯示高比個體誤中陷阱的情況，即非法狩獵仍持續威脅。(二)追蹤黑熊的活動範圍資

料顯示有些個體的年活動範圍為100-200km²，相當於玉山國家公園(臺灣面積最大的國家公園)面積的五分之一，甚至其中半數個體還會跑到非法狩獵活動可能較為熱絡的保護區以外的地區活動。(三)野外黑熊終年皆會活動，沒有冬眠的現象。雖然晝夜都會活動，但仍是以白天為主，若遇當地青剛櫟(*Quercus glauca*)結實纍纍的秋、冬時節，活動量則會增加，沒有固定的休息時間。由此可見，如果沒有這些科學研究，我們之於黑熊的認知恐仍停留在神話傳說裡。

2014年10月18日，山友曾於向陽山屋附近發現1隻黑熊屍體，原因諸多揣測，一時甚囂塵上，但筆者於驗屍時，竟掃描到晶片的反應，經核對後，原來是筆者於2000年11月在玉山國家公園捕捉繫放的1隻取名為「Lon」的年輕公熊。根據該時牙齒切片鑑定為6-9歲，如今大約20-23歲。當初健壯的英俊小生，14年之後出現於向陽山屋，左掌僅餘二趾，顯示期間可能歷經了非法陷阱的殘害。此外，由於當初繫掛的人造衛星追蹤頸圈都已經脫落，遂也再度反駁了少數指控動物頸圈不會掉落，甚會傷害黑熊的不實說法。



無線電追蹤系統破解臺灣黑熊的神話，提供個體移動路徑和活動範圍等重要資訊。



2014年出現於向陽山屋的死亡黑熊因為身上的晶片，被證實為是14年前研究人員捕捉繫放且取名為「Lon」的臺灣黑熊。



捕捉繫放研究讓人找到臺灣黑熊為人迫害的黑盒子，因誤中導致的斷掌或斷趾。

動物捕捉的特殊和專業考量

雖說捕捉動物具有提供相當多科學研究資訊的潛力，但此法屬於侵入性的技術。對於大型食肉動物如黑熊而言，捕捉過程不僅可能危及研究者的本身安全，也會對動物造成程度不一的干擾，可能具有傷害或改變正常行為和生理的風險，故必須謹慎考量預期的研究成果本身是否超過可能涉及的負面動物福利議題的風險。研究者利用野生動物進行研究時，除了考量樣本數的需求之外，同時應該基於人道立場的考量，設法降低研究動物的可能傷亡及緊迫。就此，一旦確定有捕捉動物的需要，則需審慎考量捕捉的技術，以及客觀的環境條件(如所需的專業、人力和物力等資源)，絕非貿然為之。前述這些條件則包括深入瞭解這些技術的知識、可能蒐集到的資料之合理預期值，以及使用方法是否符合研究目標所需。

動物捕捉技術一旦運用在亞熱帶的臺灣山區，情況就變得更嚴苛且具挑戰性了。這些外部因素包括植被茂密、地形崎嶇、交通不

便、天候多變(夏季值颱風季)。若對象是食肉動物的話，不僅動物羞怯、對人敏感，密度也較低，故捕捉率偏低。因此，研究捕捉動物需要在瞭解樣區環境和目標動物的前提下，應用適合生物及地理條件的特殊技術，並且瞭解各種研究技術的相關限制。換句話說，在臺灣山區研究黑熊的挑戰性可謂是研究陸域動物之極致，不管之於經費或難度上都是吃力不討好的工作，因此除非有研究和保育的必要性，否則有自知之明者想必不會貿然為之。

臺灣黑熊一般多分佈於偏遠的山區，且密度極低，加上對人類敏感，捕捉率非常的低(筆者研究資料：0.0065隻次/籠天，n=2,604)，不及美洲黑熊(*Ursus americanus*)的百分之一。同時，臺灣黑熊學習力強，故牠們對陷阱也呈現了兩極化的反應。少數個體似乎會愛上了陷阱，三不五時來光顧吃免費餐，因為牠們早已破解陷阱的機關所在，會想盡辦法吃餌卻不上鉤，但更多個體則可能因過去被捕捉的經驗，或曾被觸動的陷阱嚇到(包括未曾被捕獲者)，



熊類研究常用的鐵桶陷阱較具安全性，但有造價高且運輸不易之限制。

之後便學乖不再上當了，這樣的避籠行為(trap-shy)同時也導致筆者的黑熊研究發現，成體的再捕獲率為零。

因此，研究者除了需具有設置陷阱的專業技能之外，也必須靈光地嚴陣以待，以因應前來陷阱的不同個性的動物。但由於樣區多位在交通不便、地處偏遠的山區，甚或需步行數日，野外研究所需的各式器材，以及生活所需

的補給品，則變成是投入捕捉工作前最令人頭痛的議題。這不僅需要相當的人力(嚴格來說，有時是苦力)，更涉及到整個捕捉季中團隊人力的專業訓練和密集布署，方得以持續。

不同捕捉技術之優劣和限制

因此，不論基於研究或經營管理的考量，對於棕熊(*Ursus arctos*)和美洲黑熊的捕捉，許多歐美地區都與時俱進地提供了研究或經營管理的標準作業流程參考。其目的是在捕捉及繫放熊類時，能夠保持在最小的風險內，提供保障工作人員和動物個體的安全，並符合人道方法的建議，以減少對動物產生的創傷和緊迫。

在這些地區，野生動物管理人員和研究者最常使用的陷阱為鐵桶(或稱涵洞)陷阱(culvert or barrel trap)，以及腳套索陷阱(leg-hold snare)。

鐵桶(或稱涵洞)陷阱

鐵桶陷阱最初是在20世紀初被設計來捕捉國家公園內滋事的「問題熊(nuisance)」，其設計隨著時間而不斷改良。桶子兩側開有小窗戶，一則可透氣，二則是麻醉注射使用。陷阱入口上方有一鐵門，將餌料放置鐵桶最內側，當熊隻進入陷阱內拉扯餌料時，便會觸動機關，鐵門掉落並關閉陷阱。

此捕捉法最大的好處是提供研究者的安全



腳套索陷阱因輕便性而廣被運用於地形複雜的地區，但卻可能對動物產生較大的緊迫。

性，因為麻醉動物的過程中，研究者不用直接面對怒氣衝天的熊。同時動物待在籠內也相對地較為安全，故另一優點是可減少捕捉過程對動物造成的緊迫。在人為活動較頻繁或交通運輸方便處，這方法依然具有使用優勢，然而由於鐵桶陷阱體積龐大，移動不便，且價格昂貴（約數萬元不等），一般多限制在道路附近的區域使用。因此，對於在交通不便的偏遠地區，或因樣本數考量，而需大範圍或大量使用陷阱時，此法就有相當的限制和困難。

腳套索陷阱

另一種熊類陷阱則為腳套索陷阱，自從

1960年設計以來，已經過各種不同版本的改良，包括被動啟動式、桶狀式等，以提升捕捉效率和安全性。在實用性上，套索是許多食肉動物研究的適當選擇，因為它們成本低，且常比籠子具有更好的捕捉效率，加上本身輕便、攜帶容易，故適用於車輛無法進入的偏遠地區或崎嶇地形。在各種野外狀況下，此法提供一有效且安全的捕捉方法，這也是目前美國各州建議的合法狩獵方式。

腳套索陷阱通常會選擇一固定點(如一棵大樹)架設套索(鋼索)，並在固定點兩側堆砌木頭，限制動物取餌的途徑，並將陷阱環套下方的地面挖空，當動物的腳踩下踏板後啟動

機關，套環遂束緊動物的四肢。陷阱的架設必須由有經驗且受過訓練的人員操作，且陷阱附近需要有清楚的警告標示，避免當熊在陷阱上時，其他人沒注意到而造成危險。

所有的捕捉都有可能對被捕獲動物產生程度不一的影響。不管之於人或熊，鐵桶陷阱一般較套索安全，但後者於歷經許多改良和調整之後，已經大幅增加了研究所需的效率和安全性，目前國際上仍廣泛地被使用。這些設計與偷獵者和一般民眾所使用的套索截然不同。例如，在熊類研究上，套索遠端會特地栓上一彈簧，一旦動物掙扎時，此段彈簧具緩衝作用，以減少對套環套住部位的壓力。同時，套環上還套上一螺絲設計，以避免捕獲非目標物種。

此外，在不影響人員安全的前提下，研究團隊應儘速處理，並釋放捕捉的動物。動物若被索套住時間太長，亦可能造成肢體傷害，故需減少被捕獲動物在陷阱上的停留時間，這也是和非法狩獵不同之處。一般研究標準作業流程遂建議，儘量在熊被捕獲24hr內，進行麻醉處理。為此，若情況允許，則可在陷阱上裝設一無線電發報器或自動照相機，當陷阱啟動或有動物接近時，無線電或衛星發報器發出訊號，或利用自動照相機透過簡訊(Global System for Mobile Communications, GSM系統)傳送照片，研究者便可於遠處即時地偵測陷阱是否啟動，如此也可避免因時常接近陷阱而降低捕獲率。然根據筆者的使用經驗發現，黑熊活動的山區經常地處偏遠，不是每個地方都有手機訊號，若有手機訊號，也常不穩定，因此應用GSM系統監測陷阱，有時會有收不到訊號的風險。反之，利用人造衛星陷阱發報器則是較為有效的

方法，若不含訊號傳輸費，惟每組將近3萬元的單價就較不親民了。

此外，陷阱架設還有許多專業上的考量，包括固定點的穩固性，陷阱上方的遮蔭，避免陽光直接照射，並避開危險地形或不利於麻醉的環境，以考量人與熊的安全。

上述兩種陷阱皆使用餌料或塗抹氣味劑吸引動物前來，故需考量避免捕捉非目標物種。由於鐵桶陷阱的機關卡榫需用強力方能觸動，故不易捕捉到一般小動物如白鼻心(*Paguma larvata*)、黃喉貂(*Martes flavigula*)等。黑熊的腳套索陷阱也因鋼索的直徑一般有0.3-0.4cm，較高的鋼度導致用力縮緊後套環仍有相當的直徑大小，不會捕獲偶蹄類動物或一般小動物，也不會因動物用力拉扯而輕易地整個緊陷被捕獲的肢體上。在臺灣，筆者使用這兩種熊陷阱迄今尚未捕獲任何非目標物種，也未記錄到套索末端動物肢體壞死的情況。

個體標記和無線電追蹤發報器

研究者在對動物進行任何生理上的鑑定、識別標記或是動物行為研究時，必須以對動物造成最小影響和傷害為目標。在理想情況下，使用的技術應符合以下標準：(一)快速和容易操作，(二)隨時可見和辨識，(三)維持整個研究期間(無需後續再捕捉)，(四)不會造成長期的健康影響，以及(五)尺寸必須允許個體的成長和季節性的變化等。

追蹤熊類的發報器多為頸圈，重量須小於動物體重的3-5%，電力儘可能足以持續整個研究期間。頸圈也需具有自動脫落的設計，筆者於臺灣黑熊的研究運用兩種方式：(一)人造衛



發報器是追蹤動物的基本配件，必須考量動物的相對重量、電池壽命和自動脫落裝置等條件。

星頸圈，透過發報器的程式設計頸圈自動脫落的時間(設定約2年)，同時還可利用手持式接收器，遠端遙控頸圈的脫落。(二)一般超高頻(Very High Frequency, VHF)頸圈，則可插入一段易腐壞的頸圈材質，待此段分解時，頸圈便自然脫落。例如，筆者於早期的研究，便是使用一塊牛皮當作自動脫落裝置(在美國估計2-3年脫落)，結果不到1年便尋獲脫落的頸圈了。雖是可惜再也收不到資料了，但也是無可奈何的事。對於幼熊，則必須來配戴較寬鬆、具有延展性的發報器。另發報器的配戴必須緊實而不易鬆脫，舒適而不能太緊，與動物頸部之間的保留空間，必須能使手指從動物的顴骨弓部位與發報器之間穿過。如此保有足夠的空間來允許當動物體重增加時，頸圈不會阻礙或傷害動物正常的頸部活動。

捕捉動物的風險

對於研究者而言，捕捉動物的挑戰在於如何避免研究人員和動物二者的可能傷害，選擇適當的研究技術，同時也可以減少對動物的行為和生理的影響，避免研究結果的偏差。另一方面，動物是如何被捕捉，以及捕捉對動物族群的影響，也是一般社會關注的主要考量。

動物被陷阱捕獲後，部分個體有時可能因掙扎、疲勞與壓力，而造成程度不一的生理緊迫，甚或物理性創傷(如肌肉和骨骼傷害等)。一旦動物繫放之後，如果沒有在短時間內去監測其身體外觀、生理和行為，很難得知捕捉過程對動物的影響有多大。只不過這件工作本身便有相當的困難度，且受很多因素影響，故大

部分研究多是針對捕捉當下的動物是否有受傷，或有無明顯的生理改變而進行評斷。

運用量化的方式評估陷阱對動物可能的傷害最早由Olsen等人於1986年提出，其羅列各種可能的傷害類型，並依程度計分。1999年國際標準化組織(International Organization for Standardization)進一步修正，提出34項病理觀察，包括輕度創傷(2-10分，如表皮擦傷、割傷等)；中度創傷(25-30分，如牙齒斷裂、關節損傷等)；中重度創傷(50分，如骨折、二斷趾、複雜骨折等)；嚴重創傷(100分，如三斷趾、主要韌帶斷裂、死亡等)。在北美洲，亦有學者(Proulx and Barrett 1994; Powell and Proulx 2003)建議，捕捉所致傷害的可接受加總分數門檻為50分，小於等於50分者需要占捕捉總個體數的70%以上。由此可見，陷阱捕捉無可避免的傷害，只不過這些評估方式目前被研究者運用的情況仍不普遍。

雖說捕捉技術的效能需要與時俱增，並在研究範疇內提升動物福利，但迄今國際間仍僅有少數的捕捉方法針對上述動物福利標準而進行測試。以歐美地區黑熊和棕熊最常使用的研究陷阱來看，套索陷阱所造成的骨骼和肌肉性傷害通常較鐵桶陷阱(輕度創傷8%)為高。然就高度適用於複雜的野外環境的套索陷阱而言，美洲黑熊研究資料顯示腳套索陷阱造成97%輕度創傷，3%為重度傷害(樣本數=340)，同時指出合宜地使用腳套索陷阱是可以減少被捕獲個體的傷害至動物福利可接受的水準(Powell 2005)。

對此，熊陷阱改進條件包括陷阱的人道設計，以及縮短被捕獲動物在陷阱的時間，避免

過度壓力導致橫紋肌溶解的相關病變。當然，研究者除了考量捕捉技術在樣區的適用性和成效之外，有必要建立動物捕捉處理標準流程，並根據客觀標準隨時評估各種方法的使用狀況和監測動物的相關生理數值。如此，野外研究才可以建構在可被接受的和客觀的標準上，也方得以瞭解如何減少對被捕獲動物的影響，並降低研究方法上的偏差。

研究捕捉的合法性

除了需審慎評估動物捕捉的必要性和適當性之外，研究者亦應遵守國家或國際上的相關法令規範。在臺灣，「野生動物保育法」將野生動物分為保育類(指瀕臨絕、珍貴稀有或其他應予保育之野生動物)，以及一般類野生動物(指保育類以外之野生動物)。依據「野生動物

保育法」第十八條之規定，「基於學術研究或教育目的，進行保育類野生動物相關利用需經中央主管機關許可」，故在進行保育類野生動物(如黑熊)研究之前，必須事先向行政院農業委員會林務局申請核准野生動物之利用，其中載明動物物種、數量、方法、地區、時間及目的等。若研究樣區位於國家公園、野生動物保護區、自然保留區等區域範圍內，亦應事先取得該主管機關或管理機關之同意文件，才可向林務局申請。取得這些許可之後，前往樣區調查時，還須申請相關的入山或入園許可證明。

管理和保育需要的關鍵資訊和限制

本文是臺灣首次探討研究捕捉技術對於大型野生動物可能影響的論述。國際自然保育聯盟(International Union for Conservation of Nature,

IUCN)熊類專家群組主席Dr. D. L. Garshelis於2016年指出，「沒有任何捕捉方法(或涉及麻醉藥物的處理方式)對動物是沒有任何風險的，但這些捕捉及處理熊的方式早已被數百位熊類生物學家運用，且遍及四大洲上的數千隻的熊身上。…為了瞭解關於熊類的重要保育議題，研究捕捉熊並沒有更好的替代方法」。

動物捕捉和處理是野生動物研究者常需面對的課題(必須性和道德性)，除了捕捉效率之外，並應考量捕捉和操作方式對於個體之可能影響，以及如何避免和改善這些可能的傷害，增進研究過程中動物的福利。動物捕捉是一種侵入性的方法，不僅無法避免會對捕獲動物個體造成某種程度的干擾，也可能對研究者造成相當的風險。因此成功的捕捉除了需考量研究團隊的專業和經驗之外，其他關鍵因素包括陷

阱的選擇、使用減少緊迫和傷害的技術、陷阱的適當擺放，以及瞭解各項技術的限制等。

黑熊除了野外數量稀少、活動範圍廣大、習性隱蔽及對人敏感之外，臺灣山林植被複雜且鬱密、地形崎嶇、交通和通訊不便，皆使野外研究黑熊的族群和生態習性的調查作業十分困難。在這些研究環境限制下，不僅研究人力、物力所費不貲，這類研究的資料蒐集效率也十分緩慢，這也是臺灣其他大型的野生動物深入且長期的野外調查研究難以持續進行的主因。然而，捕捉繫放的相關研究卻是解開其謎樣身世的關鍵鑰匙，也是提供瀕危物種保育所需資訊的重要依據，同時亦需要更理性更專業地看待此類研究的價值和必要性。

所有的動物捕捉和繫放過程對於動物或研究者本身皆有安全上的考量，需具專業和經驗處理能力。



為了瞭解關於熊類的重要保育議題，研究捕捉熊的困難度雖高，但並沒有更好的替代方法。

