

# 臺灣低海拔灌叢鳥類調查：定點計數與霧網捕捉之比較

## A comparison of bird point count and mist netting used in a lowland shrub in southern Taiwan

徐紫欽<sup>1,2</sup> 許皓捷<sup>1,\*</sup>

Tzu-Chin Hsu<sup>1,2</sup>, Hau-Jie Shiu<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立臺南大學生態科學與技術學系 70005 臺南市中西區樹林街二段 33 號

<sup>2</sup> 國立中山大學生物科學系 80448 高雄市鼓山區蓮海路 70 號

<sup>1</sup> Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Biological Sciences, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan

\*通訊作者：shiu.hj@gmail.com

\*Corresponding author: shiu.hj@gmail.com

### 摘要

定點計數法與霧網捕捉法是鳥類群聚調查常用的方法。定點計數法效率高，但不易察覺隱密鳥種。相反地，霧網捕捉法較易調查到隱密鳥種，但必須投入大量人力及時間。兩種方法察覺到的鳥種特性不同，但調查得到的鳥類群聚結構差異卻很少被討論。我們於 2012 年 4 月至 9 月，在臺南市龍崎區海拔約 100 m 之灌叢與高草地，分別以這兩種方法調查鳥類。我們比較兩種方法得到的鳥類資料，包括鳥種組成、種類多樣性及鳥類的生物與生態特性。調查期間共記錄到 17 種，513 隻次。其中，定點計數法 12 種，413 隻次；霧網捕捉法 13 種，100 隻次。兩種方法得到的種類多樣性類似，但鳥種組成相似性不高，Jaccard similarity index 僅 0.47。定點計數法不易察覺相對密度較低或不善鳴叫的鳥種；霧網捕捉法則不易捕獲體型較大或相對翼長較短的鳥類。我們認為在低海拔灌叢進行鳥類調查時，單獨採用定點計數或霧網捕捉法，均可能嚴重低估樣區的鳥種多樣性；僅採用其中一種方法調查鳥類，對於結果的詮釋，應特別謹慎。

## Abstract

Point count and mist netting techniques have been commonly used in terrestrial habitats for the purpose of surveying avian communities. However, the difference of community structures measured by both techniques is poorly known. We compared point count and mist netting data collected from the same plot in a subtropical lowland shrub in southern Taiwan from April to September 2012 to evaluate their descriptions of the measured avian communities. We detected 12 and 13 bird species by point counts and mist netting respectively, and totally accumulated 17 species from both methods. Species composition between the measured communities was very dissimilar with only 0.47 of Jaccard coefficient. The efficiency of both survey methods on a particular species was significantly affected by the biological and/or ecological traits of the bird. Birds that point counts failed to detect were usually silent or rare species; whereas birds that mist netting failed to capture were usually large or those with a relatively short wing length. Because both techniques detected different sets of community composition, we argue that using either alone to survey an avian community might seriously underestimate its richness with an incomplete description of that community, and the results should be interpreted cautiously.

**關鍵詞：**鳥類調查、定點計數、霧網捕捉

**Key words :** bird survey, point count, mist netting

收件日期：2013 年 09 月 27 日

接受日期：2014 年 01 月 06 日

Received: September 27, 2013

Accepted: January 06, 2014

## 緒 言

建立調查樣區完整鳥類名錄是鳥類群聚研究或資源調查的首要目標。定點計數法 (point count) 是陸域鳥類調查最常使用的方法之一 (Ralph and Scott 1981; Rosenstock *et al.* 2002)。此法是調查者在一個地點停留一段時間，記錄一定範圍內觀察到的鳥種及數量 (Bibby *et al.* 2000; Buckland *et al.* 2008)。因為觀察者僅在定點觀察與記錄，在點與點之間則

專注移動，故特別適合於臺灣山區崎嶇地形使用。一般而言，定點計數法鳥類調查多在日出至日出之後三小時內進行，每一定點停留時間則在 10 min 以內 (Shiu and Lee 2003)。故與其他調查方法相較，採用本法可以調查較多樣點；不但效率高，而且因為可以獲得較多樣本，而能降低族群量估算的誤差，增進統計檢定力。惟定點計數法非常仰賴鳥類鳴聲，故難以察覺隱密性高的鳥種，從而影響得到的鳥類名錄之完整性。

霧網捕捉法(mist netting)也是陸域鳥類調查常用的方法(Ralph and Scott 1981; Bibby *et al.* 2000)。研究者架設霧網以捕捉經過鳥類，予以標記之後釋放。此法可由同一個體被重複捕獲的情形，精確估算某一鳥種的族群量(Pollock 1991)。另外，相較於定點計數法，此法較能調查到隱密性高的鳥種。惟霧網捕捉法受限於網具架設高度，無法調查到樹冠層活動鳥類。且本法需大量人力及長時間操作，故繫放站設立數量經常受到限制，而難以應用在大範圍樣區的調查。

定點計數與霧網捕捉法鳥類調查結果的差異，已有許多文獻報導。大部分研究者發現定點計數法可以調查到比較多的鳥種(e.g., Whitman *et al.* 1997; Wang and Finch 2002; Derlindati and Caziani 2005; Estades *et al.* 2006)，以及比較多森林上層活動的種類(e.g., Whitman *et al.* 1997; Rappole *et al.* 1998; Pagen *et al.* 2002; Estades *et al.* 2006)；大型鳥類也多藉由定點計數法調查得到(e.g., Whitman *et al.* 1997; Wang and Finch 2002; Estades *et al.* 2006)。相對地，霧網捕捉法調查到的鳥種較少，調查到的種類以森林下層或小型及活動快速的鳥類為主。但是霧網捕捉法可以調查到定點計數法所難以察覺的稀有或隱密性鳥種(e.g., Wang and Finch 2002; Derlindati and Caziani 2005)。

無論定點計數或霧網捕捉法，都可能僅察覺到群聚組成中的特定類群。單獨使用其中一種方法，可能會低估特定鳥種的族群量並遺漏許多鳥種(Rappole *et al.* 1998)。臺灣過去的陸域鳥類群聚調查多以定點計數法進行(e.g., 丁 1993；方 1996；黃 2001；許 2003；廖 2006)，惟從未有討論過定點計數法調查得到的群聚之完整性。在臺灣陸域以定點計數法進行鳥

類群聚調查，可能低估多少比例的鳥種？被遺漏者，是否有特定的生物或生態特性？目前並不清楚。惟這些資訊，對於瞭解一個地區的鳥類資源，以及從事鳥類群聚生態學研究，均非常重要。

我們在臺南市龍崎區丘陵地的一處灌叢與高草地，分別以定點計數與霧網捕捉法進行一個繁殖季的鳥類調查。我們比較兩種調查方法得到的群聚介量與鳥種的生物特性，並對後續方法學及鳥類群聚生態研究提出建議。

## 材料與方法

### 一、研究樣區

本研究在臺南市龍崎區牛埔泥岩水土保持教學園區一處長條型之乾涸滯洪池進行(圖 1)；樣區海拔在 50-100 m。該滯洪池為盆地地形，長約 700 m，寬約 100 m，主要植被型態為 2-3 m 高之芒草、灌木與小喬木。周圍小山丘由裸露泥岩構成，散生芒草、灌叢與竹林；樣區西側與北側各有一水池，終年蓄水。盆地周圍主要植被為果園、竹林及次生林。

### 二、鳥類調查

定點計數法鳥類調查從 2012 年 4 月至 9 月進行。共設置 3 個調查樣點，每個樣點之間至少間隔 200 m 以上。每個月至少調查 1 次，兩次調查之間的時間間隔至少 2 wk。調查只在天氣晴朗時進行。每次調查於日出至日出之後 3 hr 內完成。每次每一點停留 6 min，記錄半徑 50 m 內所有聽見或看見的鳥種及數量。定點計數調查若與霧網捕捉法操作日期相鄰，則先進行定點計數調查，再於隔日進行霧網捕捉調查，以避免鳥類活動受霧網捕捉的干擾。

霧網捕捉鳥類調查於 2012 年 4 月至 9 月進行；為 MAPS Taiwan (臺灣鳥類生產力與存活率監測, The Monitoring Avian Productivity and Survivorship Program, Taiwan; 宋等 2012) 鳥類繫放計畫之一。共架設 6 張網，每張網之間至少間隔 50 m。每張霧網長 12 m，寬 4 m，網目 30 mm；設置 4 層網袋，架設高度下緣離地約 0.5 m，上緣離地 3-4 m。每個月調查 1 次，兩

次調查之間至少間隔 2 wk。調查只在天氣晴朗時進行。每次調查於日出後 20 min 內完成開網，6 hr 之後闔網；巡網時間間隔為 30 min。記錄捕捉到的鳥種及數量。我們測量被捕捉到的每一個體之體重與自然翼長，並與僅由定點計數調查得到的鳥種之體重及自然翼長相比較。僅由定點計數法調查到的鳥種之形質資料，引用自 Shiu *et al.* (2005)。

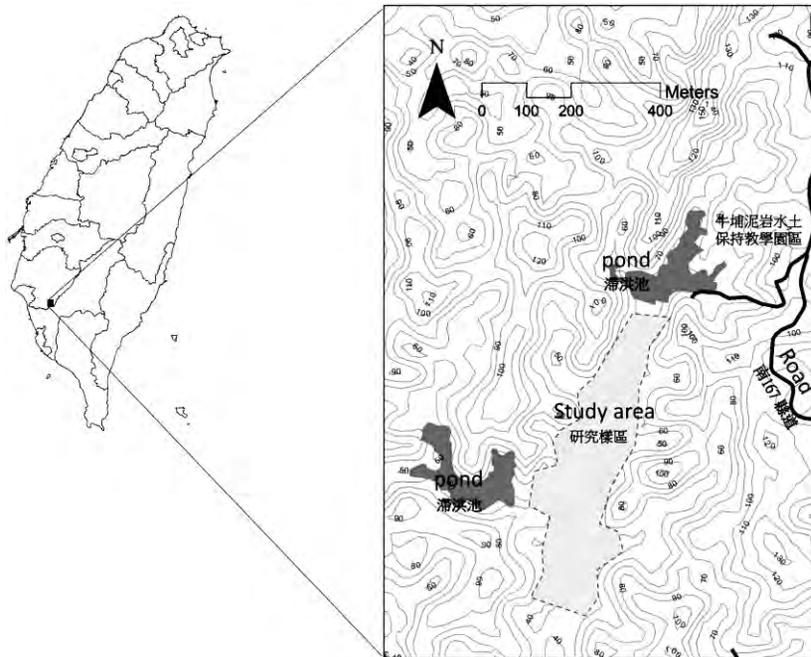


圖 1. 研究樣區位置圖。

Fig. 1. Map of the study area.

### 三、資料分析

我們以 Jaccard similarity index 比較兩方法之間得到的鳥種組成之相似性。我們也以個體為基礎的稀釋曲線 (individual-based rarefaction curves) (Colwell *et al.* 2012)，比較在相同努力量 (即察覺個體數) 之下，兩方法得到的鳥類群聚之多樣性。我們以 EstimateS 9.1.0 (Colwell 2013) 統計軟體進行 rarefaction curves 之分析。

### 結果與討論

研究期間共進行 7 次定點計數調查；於全部定點的總停留時間為 126 min。霧網捕捉調查原計畫進行 6 次，但受限於氣候因素，僅調查 5 次；全部鳥網的總努力量合計 2160 meter net hours。調查期間共記錄到鳥類 17 種，513 隻次；兩方法調查到的鳥類種類及個體數，詳見表 1。

表 1. 定點計數法與霧網捕捉法調查到的鳥類個體數、自然翼長、體重及自然翼長對體重之比值 (自然翼長對體重之比值小於1的鳥種，僅被定點計數法調查到)

Table 1. Abundance of birds recorded by point count and mist netting, and the wing length, body mass, and wing length to body mass ratio of each bird species. Note that birds with the ratio less than 1 were recorded by point count only.

Common names	Scientific names	Number of individuals†		Morphology		
		Point count	Mist netting	Wing length(mm)	Body mass(g)	Wing length/Body mass Ratio
Chinese Bamboo-Partridge 竹雞*	<i>Bambusicola thoracicus</i>	13 (3.1)	-	133.0	233.0	0.57
Oriental Turtle-Dove 金背鳩*	<i>Streptopelia orientalis</i>	2 (0.5)	-	176.4	207.2	0.85
Spotted Dove 珠頸斑鳩*	<i>Streptopelia chinensis</i>	2 (0.5)	-	146.7	148.2	0.99
White-bellied Pigeon 綠鳩*	<i>Treron sieboldii</i>	1 (0.2)	-	131.0	184.5	0.71
Lesser Coucal 番鴿	<i>Centropus bengalensis</i>	6 (1.5)	1 (1)	141.0	125.0	1.13
Brown Shrike 紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	-	1 (1)	84.0	33.3	2.52
Black-naped Monarch 黑枕藍鶺鴒	<i>Hypothymis azurea</i>	4 (1.0)	1 (1)	68.0	12.0	5.67
Light-vented Bulbul 白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	306 (74.1)	41 (41)	79.7	29.2	2.73
Striated Prinia 斑紋鷓鴣	<i>Prinia crinigera</i>	-	4 (4)	46.9	10.8	4.35
Yellow-bellied Prinia 灰頭鷓鴣	<i>Prinia flaviventris</i>	20 (4.8)	7 (7)	44.0	7.3	6.04
Plain Prinia 褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>	-	3 (3)	45.8	7.5	6.11
Vinous-throated Parrotbill 粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	-	4 (4)	49.5	10.5	4.71
Taiwan Hwamei 臺灣畫眉	<i>Garrulax taewanus</i>	13 (3.1)	1 (1)	90.0	61.0	1.48
Rufous-capped Babbler 山紅頭	<i>Stachyridopsis ruficeps</i>	13 (3.1)	16 (16)	47.8	10.5	4.55
Black-necklaced Scimitar-Babbler 大彎嘴	<i>Pomatorhinus erythronemus</i>	18 (4.4)	1 (1)	84.0	67.0	1.25
Taiwan Scimitar-Babbler 小彎嘴	<i>Pomatorhinus muscivus</i>	15 (3.6)	19 (19)	78.7	37.6	2.09
Siberian Rubythroat 野鴿	<i>Calliope calliope</i>	-	1 (1)	76.0	23.5	3.23
Number of species		12	13			
Number of individuals		413	100			

\*Morphology data are from Shiu *et al.* (2005). †Numbers in parentheses indicate the relative abundance.

## 一、種類多樣性

定點計數法與霧網捕捉法調查得到的種類多樣性類似。調查期間定點計數法共記錄到 12 種，413 隻次。霧網捕捉法則累計捕獲 13 種，100 隻次。定點計數法與霧網捕捉法得到的鳥種數，分別占全部記錄得 17 種鳥種的 71% 及 76%。在本研究的努力量下，兩方法得到的種類多樣性非常近似。

許多類似研究也認為定點計數法與霧網捕捉法調查得到的種類多樣性沒有太大差異(e.g., Dawson *et al.* 1995; Faaborg *et al.* 2004)。惟也有研究認為定點計數法可以比霧網捕捉法調查到更多鳥種(e.g., Whitman *et al.* 1997; Rappole *et al.* 1998; Derlindati and Caziani 2005; Estades *et al.* 2006)。不同研究結論的差異，可能與棲地類型及真實群聚結構有關。由於霧網的上緣高度通常離地僅 3-4 m，因此在森林型棲地應用霧網捕捉法進行鳥類調查時，無論努力量如何，都可能難以調查到林冠層活動的鳥種，若林冠層鳥種佔群聚組成的比例很高，就會導致霧網捕捉法察覺得鳥種數較少。相對而言，在灌叢型棲地，兩種方法得到的種類多樣性則有可能較為類似。另外，不同研究之間調查努力量的差異，也可能影響兩種調查方法的結論。定點計數法的時間效率較高，亦即在較短時間內即可調查到較多物種。如果調查時間有限，則定點計數法調查得到的種類多樣性即很可能高於霧網捕捉法。而在本研究的努力量下，兩方法得到的種類多樣性雖然近似，然若就稀釋曲線樣式推斷，若投入更多時間以捕捉更多個體，則霧網捕捉法將可以比定點計數法調查到更多鳥種。

## 二、群聚結構

雖然本研究兩種方法得到的種類多樣性近似，但其獲得的群聚結構，包括群聚組成與相對豐富度，卻有很大差異。在全部 17 種鳥當中，兩方法均調查到的鳥種有 8 種，不到全部察覺鳥種數的一半。而僅由定點計數法或霧網捕捉法調查得到的鳥種則分別有 4 種與 5 種。兩方法調查得到的鳥種組成相似性不高，Jaccard similarity index 僅 0.47。另外，同一鳥種的相對豐富度也有很大差異。以霧網捕捉法得到的相對豐富度對定點計數法得到的相對豐富度作圖，很少鳥種落在代表相對豐富度相同的對角斜線附近(圖 2)。

除群聚組成之外，兩種方法得到的群聚特徵亦不同。將兩方法得到的結果分別繪製成以個體為基礎之稀釋曲線(圖 3)。霧網捕捉法的曲線較為陡峭；隨捕獲個體數增加，累加種類數也快速增加。相對地，定點計數法記錄種類數隨個體數增加而增加的幅度則較為平緩。此結果顯示霧網捕捉法得到的群聚結構，各物種之間個體數的分配較為平均，在調查到相同個體數的努力量下，其估計所得之多樣性較高；定點計數法得到的群聚結構則由少數極優勢種類(i.e., 白頭翁 *Pycnonotus sinensis*)與多數稀有種構成，在相同努力量下，其估計之多樣性較低。比較同樣調查到 100 隻個體所能察覺的種數，霧網捕捉法察覺到 13 種鳥，Shannon's diversity index 1.8；定點計數法則僅能察覺到 9.5 種，Shannon's diversity index 1.1 (with 0.17 s.d.)。



### 三、察覺鳥種的生物特性

兩方法察覺到的鳥種之生物特性不同。定點計數法主要藉由鳴聲察覺鳥類。調查期間定點計數法沒有察覺到的種類，包括紅尾伯勞 (*Lanius cristatus*)、斑紋鷓鴣 (*Prinia crinigera*)、褐頭鷓鴣 (*P. inornata*)、粉紅鸚嘴 (*Paradoxornis webbianus*)、以及野鳩 (*Calliope calliope*)，都是族群密度較低的種類。這些鳥被霧網捕捉法調查到的相對豐富度最多亦只有 4%。另外，調查到的紅尾伯勞及野鳩應為過境個體，遷移時的鳴聲通常較少；而粉紅鸚嘴鳴聲較小，經驗上，其有效察覺距離常在 20 m 以內，這些因素也都影響定點計數法的調查結果。

霧網捕捉法察覺到的鳥種與其活動特性有關。研究樣區為高草地、灌叢、以及小灌木環境，散生些許 5-10 m 的小喬木。研究期間被霧網捕捉到的種類均屬於灌叢層活動的鳥種。沒有被捕捉到的種類，竹雞 (*Bambusicola thoracicus*) 在地面活動覓食，金背鳩 (*Streptopelia orientalis*) 及珠頸斑鳩 (*S. chinensis*) 主要在地面覓食，並停棲於喬木的冠層，綠鳩 (*Treron sieboldii*) 則在喬木冠層覓食與停棲。由於霧網架設高度約離地 0.5-4 m，在地面或喬木冠層覓食鳥種，較難被霧網捕獲。另外，這些未被捕獲鳥種有一共同生物特性，即體重較重 (148-233 g)、翼長對體重比小於 1 mm/g (表 1)。一般而言，相對翼長愈長者，飛行速度愈快 (Videler 2005)。而相對翼長較短者，飛行速度較慢，也因此較易發現霧網而閃避。過去類似研究也多認為霧網捕捉法較不能調查到大型鳥類 (e.g., Wang and Finch 2002; Derlindati and Caziani 2005); Derlindati and Caziani (2005) 甚至明確指出霧網無法捕捉到大於 200 g 的鳥類。Estades *et al.* (2006) 認為霧網較難以捕捉到在森林冠層覓食的鳥類，以及較少移動的鳥

種。Whitman *et al.* (1997) 則發現霧網捕捉到的鳥種，以林下活動及小型種類居多。

### 四、鳥類調查應用

不論定點計數或霧網捕捉法，僅採用其中任一方法進行鳥類調查，均會嚴重低估樣區的鳥種多樣性。許多文獻也有相同結論 (e.g., Dawson *et al.* 1995; Whitman *et al.* 1997; Rappole *et al.* 1998)。主要原因在於，這兩種方法察覺得鳥種之生物或生態特性不同。定點計數法藉由鳴聲察覺鳥類，因此容易遺漏隱密性高的鳥種，尤其在鳴唱高峰期以外的季節進行鳥類調查時。霧網捕捉法則因為霧網架設高度限制，而難以捕獲樹冠層活動鳥類。大型、行動緩慢、或在地面活動的鳥種，也不易被霧網所捕獲。因此有學者建議同時採用這兩種方法 (e.g., Derlindati and Caziani 2005)，以提高種類多樣性估計的準確度，並增進對鳥類群聚及各鳥種棲地利用的瞭解。Terborgh *et al.* (1990) 研究熱帶山區森林鳥類群聚，即同時以定點計數與霧網捕捉法進行鳥類調查。

雖同時採用定點計數與霧網捕捉法調查鳥類，可得到較佳之多樣性估值與鳥種名錄，惟霧網捕捉法要投入的努力量畢竟過高，而難以推廣。陸域鳥類群聚生態研究，尤其是大規模鳥類調查計畫，仍多單獨採用定點計數法。例如北美繁殖鳥類調查 (The North American Breeding Bird Survey, Sauer *et al.* 2012) 與臺灣繁殖鳥類大調查 (BBS Taiwan, 柯等 2012)，均僅採用定點計數法。

依照本研究的結果，BBS Taiwan 可能低估一個地區的種類多樣性。本研究定點計數調查的努力量與 BBS Taiwan 相當。BBS Taiwan 規範一個樣區設置 10 個調查點，每一繁殖季每個點調查 2 次，每次停留 6 min；每一樣區的

總停留時間為 120 min。本研究在樣區調查的總停留時間則為 126 min。然就本研究努力量，定點計數法僅能調查到全部鳥種的 71%。因此若欲獲得一個地區較準確的種類多樣性估值，以及較完整的鳥類名錄，BBS Taiwan 的努力量顯然不足。故若依據 BBS Taiwan 調查結果，評估鳥類多樣性的空間分布，或多樣性在空間及時間上的變化，可能必須非常小心。當然，本研究僅在低海拔高草地環境進行，BBS Taiwan 調查樣區則包含其他海拔及棲地類型。因此我們認為未來有必要討論在其他海拔及棲地類型下，定點計數與霧網捕捉法得到的種類多樣性及群聚結構之差異。此方法學之結論，將可以對 BBS Taiwan 及其他採用定點計數法的鳥類群聚生態學研究之結果，有更精確之解讀。

## 謝 誌

感謝 MAPS Taiwan 團隊(吳世鴻、吳泰維、吳麗蘭、宋心怡、李烜蓓、林瑞興、柯佳雯、高婉瑄、張仁川、張秉元、陳士訓、陳尙鴻、陳柏州、陳淑琴、陳嘉宏、楊于萱、楊淑絹、蔡知剛、鄭翠鳳、蘇美如)及國立臺南大學生態科學與技術學系師生(張原謀、鄭詩柔、吳冠億、張聖凱、吳郁昕、陳昱宇、張豪仁、郭俊志、曾文翰、徐俊安、曾士嘉、王志豪、李昶誠、魏廷羽、王岳弘、黃家綉、陳盈方、黃富榆、鍾佳仔、陳裔璿)協助鳥類繫放、臺南市龍崎區龍崎國小龍船分校提供繫放器材儲放空間及教室住宿、牛埔泥岩水土保持教學園區相關單位提供繫放場地。另感謝審查者對初稿的寶貴意見。

## 引用文獻

- 丁宗蘇。1993。玉山地區成熟林之鳥類群聚生態。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。83頁。
- 方韻如。1996。森林結構與鳥類群聚的關係——以台灣北部中海拔林相改良作業之影響為例。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。70頁。
- 宋心怡、陳嘉宏、陳士訓、蘇美如、許惠吟、胡登雄、吳麗蘭、蔡佑澤、張仁川、徐紫欽、林瑞興。2012。臺灣鳥類生產力與存活率監測(MAPS Taiwan) – 2012年度報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 柯智仁、范孟雯、謝仲甫、黃國維、張天祐、游智涵、葉建緯、林瑞興、程建中、李培芬。2012。臺灣繁殖鳥類大調查2011年報。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。南投。
- 許皓捷。2003。臺灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立臺灣大學動物學研究所博士論文。187頁。
- 黃佩俐。2001。台灣北部繁殖鳥類之分布型態。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。70頁。
- 廖煥彰。2006。塔塔加地區不同植群演替階段之鳥類群聚研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。55頁。
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill and S. Mustoe. 2000. Bird census techniques. Second edition. Academic Press, London.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, D. L. Borchers and L. Thomas, editors. 2008. Advanced distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, New

York.

- Colwell, R. K. 2013. Estimate S: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R. K., A. Chao, N. J. Gotelli, S.-Y. Lin, C. X. Mao, R. L. Chazdon and J. T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3-21.
- Dawson, D. K., J. R. Sauer, P. A. Wood, M. Berlanga, M. H. Wilson and C. S. Robbins. 1995. Estimating bird species richness from capture and count data. *Journal of Applied Statistics* 22: 1063-1068.
- Derlindati, E. J. and S. M. Caziani. 2005. Using canopy and understory mist nets and point counts to study bird assemblages in Chaco forests. *Wilson Bulletin* 117: 92-99.
- Estades, C. F., M. A. H. Escobar, J. A. Tomasevic, M. A. Vukasovic and M. Paez. 2006. Mist-nets versus point counts in the estimation of forest bird abundances in south-central Chile. *Ornitologia Neotropical* 17: 203-212.
- Faaborg, J., W. J. Arendt and K. M. Dugger. 2004. Bird population studies in Puerto Rico using mist nets: General patterns and comparisons with point counts. *Studies in Avian Biology* 29: 144-150.
- Pagen, R. W., F. R. Thompson and D. E. Burhans. 2002. A comparison of point-count and mist-net detections of songbirds by habitat and time-of-season. *Journal of Field Ornithology* 73: 53-59.
- Pollock, K. H. 1991. Modeling capture, recapture, and removal statistics for estimation of demographic parameters for fish and wildlife populations: past, present, and future. *Journal of the American Statistical Association* 86: 225-238.
- Ralph, C. J. and J. M. Scott, editors. 1981. Estimating numbers of terrestrial birds. The Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas.
- Rappole, J. H., K. Winker and G. V. N. Powell. 1998. Migratory bird habitat use in southern Mexico: mist nets versus point counts. *Journal of Field Ornithology* 69: 635-643.
- Rosenstock, S. S., D. R. Anderson, K. M. Giesen, T. Leukering and M. F. Carter. 2002. Landbird counting techniques: current practices and an alternative. *Auk* 119: 46-53.
- Sauer, J. R., J. E. Hines, J. E. Fallon, K. L. Pardieck, D. J. Ziolkowski, Jr. and W. A. Link. 2012. The north American breeding bird survey, results and analysis 1966-2011. Version 07.03.2013 USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.
- Shiu, H. J., T. S. Ding, J. E. Sheu, R. S. Lin, C. N. Koh and P. F. Lee. 2005. Morphological characters of bird species in Taiwan. *Taiwania* 50: 80-92.
- Shiu, H. J. and P. F. Lee. 2003. Assessing avian point-count duration and sample size using species accumulation functions. *Zoological*

Studies 42: 357-367.

Terborgh, J., S. K. Robinson, T. A. Parker, III, C. A. Munn and N. Pierpont. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs* 60: 213-238.

Videler, J. J. 2005. *Avian flight*. Oxford University Press, New York.

Wang, Y. and D. M. Finch. 2002. Consistency of mist netting and point counts in assessing landbird species richness and relative abundance during migration. *Condor* 104: 59-72.

Whitman, A. A., J. M. Hagan and N. V. L. Brokaw. 1997. A comparison of two bird survey techniques used in a subtropical forest. *Condor* 99: 955-965.