

## 研究報告

## 利用氣象雷達探討2005年秋季赤腹鷹 過境恆春半島之模式

鄭育昇<sup>1)</sup> 孫元勳<sup>1,2)</sup> 鄧財文<sup>3)</sup>

## 摘要

本研究的目的是在於利用氣象雷達影像探討2005年秋季赤腹鷹(*Accipiter soloensis*)過境恆春半島之時間分布模式、數量、路線以及鷹群結構，並與傳統地面調查比較。結果顯示：研究期間記錄到496個赤腹鷹群過境恆春半島，各鷹群的數量介於38~5,908隻之間，其中規模在1,000隻以上的鷹群，佔總鷹群數的10.1%，而半數以上的鷹群(53.4%)，規模介於100~499隻。經由估算，赤腹鷹總過境量達205,197隻，95%信賴區間：166,347~228,206隻。其中69.6%經由陸路，通過地面調查可視範圍進行遷徙；30.4%則經由海路，直接由恆春半島及蘭嶼間海域向南方遷徙。經由陸路及海路的鷹群，主要過境時段分別出現在07:00和10:00。各鷹群的長度及寬度則在0.75~11.64和0.25~1 km之間。單日最大過境量出現在9月13日，數量達47,613隻。

關鍵詞：猛禽、遷徙、鷹群、墾丁、都卜勒氣象雷達。

鄭育昇、孫元勳、鄧財文。2006。利用氣象雷達探討2005年秋季赤腹鷹過境恆春半島之模式。台灣林業科學21(4):491-8。

## Research paper

## Use of Weather Radar to Study the Fall Migration of the Chinese Sparrowhawk on Hengchun Peninsula in 2005

Yu-Sheng Cheng,<sup>1)</sup> Yuan-Hsun Sun,<sup>1,2)</sup> Tsai-Wen Deng<sup>3)</sup>

## 【 Summary 】

The fall migration of the Chinese Sparrowhawk (*Accipiter soloensis*) through the the Hengchun Peninsula at the southern tip of Taiwan was studied using Doppler weather radar, and results were compared with traditional ground counts, to determine the temporal pattern, number, flyway, and flock structure in September 2005. In total, 496 flocks were located on radar images, with

<sup>1)</sup> 屏東科技大學野生動物保育研究所，92101屏東縣內埔鄉學府路1號 Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, No. 1, Shuehfu Rd., Neipu, Pingtung, 92101 Taiwan.

<sup>2)</sup> 通訊作者 Corresponding author, e-mail: ysun@mail.npust.edu.tw

<sup>3)</sup> 中央氣象局墾丁雷達站 Kenting Weather Radar Station, Central Weather Bureau, Kenting, Taiwan 946.

2006年5月送審 2006年8月通過 Received May 2006, Accepted August 2006.



an estimated 38 to 5,908 hawks present in a flock. Sizes of most flocks (53.4%) numbered from 100 to 499 hawks, while flocks of > 1,000 hawks comprised merely 10.1%. In total, an estimated 205,197 hawks, with a 95% confidence interval of 166,347~228,206 hawks, passed through the Peninsula in that month. Of these, 69.6% of the hawks flew via a land route, while 30.4% passed by a sea route which is between the Peninsula and Lanyu. The number of hawks flying by the land and sea routes peaked at 07:00 and 10:00, respectively. Hawk flocks ranged from 0.75 to 11.64 km in length and 0.25 to 1 km in width, respectively. The number of hawks was estimated to have reached 47,613 hawks on 13 September, the highest number for a single day that month.

**Key words:** raptor, migration, flock of hawks, Kenting, Doppler weather radar.

**Cheng YS, Sun YH, Deng TW. 2006.** Use of weather radar to study the fall migration of the Chinese Sparrowhawk on Hengchun Peninsula in 2005. *Taiwan J For Sci* 21(4):491-8.

## 緒言

台灣四面環海，位於亞洲東部島弧的中段地區，每年秋季皆有大量的過境鳥類，選擇以台灣為中繼站，飛向亞洲南部(Ferguson-Lees et al. 2001)。單就2004年9月份墾丁社頂地區的猛禽過境數量調查，就有高達20餘萬的個體通過台灣的恆春半島南端，飛往南方的渡冬地，而其中又以赤腹鷹(*Accipiter soloensis*)的數量最為龐大(Wang and Sun 2004)。

在過去，傳統的遷徙鳥類調查，皆以人力為主。使用定點計數或沿線調查的直接觀察方式，計算通過特定地點的遷徙鳥類數量及型態(Severinghaus 1991, Lee 2000, 2002, Tsai et al. 2003, DeCandido et al. 2004)。但礙於人力、視力、地形、天候等因素的限制，調查所獲得的資料，常侷限於較小的範圍與特定的時間，無法窺見遷徙的全貌(Wang and Sun 2004, 2005)。為了彌補上述的限制，研究者常利用繫放、無線電或衛星發報器等方式來獲取更多的資訊，但卻僅能鎖定零星的個體，而無法獲得較大族群的訊息，利用雷達則正可突破此一限制，獲得較大族群的資訊(Berthold 2001)。

二次大戰以後，雷達系統被證實可以運用於研究大氣中移動的生物之上(Eastwood 1967)，使得研究者可以獲取以往較不易取得之資訊。1957年以後，美國建立全國的氣象雷達網，使用S波段(10 cm)的WSR-57氣象雷達系統，以及之後更新的WSR-74C系統。這

兩種雷達系統，正是往後三十多年間，鳥類學者研究遷徙的重要方法之一(Gauthreaux 1971, Albe 1972, Williams et al. 1977, Gauthreaux 1992)。近年來，解析度(像素單位：1 km)更好(Gauthreaux and Belser 1998)且功能更強的新一代都卜勒氣象雷達(WSR-88D)取代舊有系統，可偵測到更微弱的反射波(Larkin 1984)，更有利於鳥類遷徙之研究。

中央氣象局於2001年在墾丁地區設立解析度(像素單位：0.25 km)又更佳的氣象雷達系統，經初步測試得知，該系統可運用於赤腹鷹的秋季過境行為與數量估算研究(Lan 2003, Wang and Sun 2004)。因此，本研究採用此一雷達系統，探討2005年秋季赤腹鷹過境恆春半島之時間、數量、路線以及鷹群結構，藉以瞭解監測過境族群之可行與否，以作為其保育策略及經營管理之參考。

## 材料與方法

### 一、研究地區及設備

本研究採用墾丁氣象雷達站的德製METEOR 1000S型氣象雷達，座標位於東經121°50'50"，北緯21°54'09"，雷達天線喇叭口海拔高度40.85 m (<http://www.cwb.gov.tw>)，距離巴士海峽約700 m。此型雷達共有9個掃描角度，每一掃描週期約為8分鐘。由於過高的掃描仰角及過大的

掃描半徑皆不易搜尋和追蹤鷹群，因此，本研究採用最低的掃描仰角 $0.5^\circ$ ，半徑100 km的雷達圖進行資料分析。影像解析度每一像素(pixel)為250 m，雷達北邊受到地形阻擋，影像上會形成一處掃描死角，但並不會影響雷達以南的掃描作業。

## 二、研究方法

### (一)雷達圖檢閱與鷹群判讀

根據先前研究，墾丁地區秋季赤腹鷹每日過境時段在05:00~15:00之間(Wang and Sun 2004, 2005)。為避免該時段以外的遺漏，本研究檢閱2005年9月1~30日，每日05:00~19:00之間的雷達圖，扣除部分雷達檢修無法提供資料的時段(包括：9月6日05:00~09:20；9月17日05:00~16:00；9月20日13:21~15:45；9月28日09:46~11:39)，共6,012張雷達圖。但為避免受到其他遷徙鳥類回波影像之干擾，且檢閱雷達圖後未發現明顯之過境鷹群，最後取用每日05:00~15:00間，共4,234張雷達圖，選取圖中具有4個像素以上的影像集合，並依照時間序列由北向南飛越北緯 $21^\circ 54' 09''$ (與雷達站緯度相同)之回波影像加以紀錄，並定義為鷹群。

### 1. 鷹群結構測定

為避免近海雜訊干擾，當鷹群完整出現於雷達圖上，距離雷達20~50 km區間時，以游標尺量測起迄點長度與中段位置寬度後，換算比例尺得之。

### 2. 過境數量估算

使用赤腹鷹的回波值(dBZ)和數量(N)之迴歸模式： $N = \text{dBZ} \times (1.985 \pm 0.152) + (16 \pm 209)$ ， $r = 0.898$ ， $p < 0.05$  (Lan 2003)進行鷹群數量的估算，該模式係根據2003年9月15、16日所出現的43個鷹群，總計77,193隻赤腹鷹，計算得來的公式。

### 3. 過境路線分類

根據先前研究，地面調查的可視距離約在7 km以內(Wang and Sun 2004)，且檢閱雷達圖

後，並未發現鷹群自該範圍以西的區域過境。因此，本研究將過境恆春半島地區的赤腹鷹群過境路線，分為陸路及海路兩線，以探討其過境路線之選擇。以社頂自然公園凌霄亭(北緯 $21^\circ 57' 12''$ ，東經 $120^\circ 49' 24''$ )為中心，通過其半徑7 km範圍內之鷹群，定義為陸路；未通過其範圍而自恆春半島東部海面過境者，則稱為海路。

### 4. 過境時段

以整點計時的方式，記錄鷹群通過北緯 $21^\circ 54' 09''$ 的時間，以鷹河前端為記錄基準點，包含整點前30分鐘、後29分鐘通過該緯度線之鷹群，皆列入該整點記錄。雷達圖上在該緯度線以南才出現影像的鷹群，則以其出現後之行進速度和方向回推，預估其通過時間。

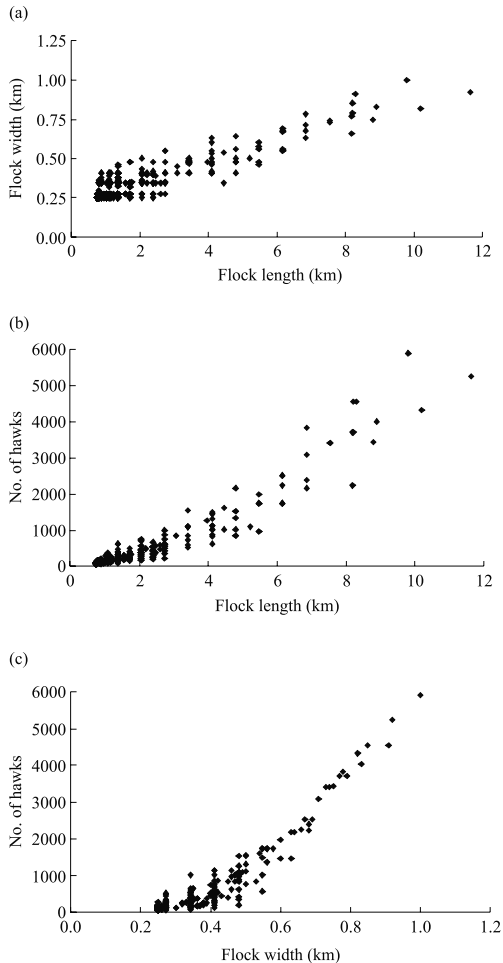
### (二)地面資料的蒐集

參考2004、2005年度墾丁國家公園春季及秋季過境猛禽族群調查報告，以及台灣猛禽研究會登錄各地方鳥會所提供的猛禽遷移紀錄(<http://raptor.org.tw>)。

## 結果

### 一、鷹群結構與數量

本研究期間共紀錄496個過境赤腹鷹鷹群，測得鷹群長度介於0.75~11.64 km之間，平均為 $1.75 \pm 1.65$  (SD) km，寬度介於0.25~1 km之間，平均為 $0.33 \pm 0.12$  (SD) km (Fig. 1)。各鷹群數量介於38~5,908隻，平均為 $414 \pm 737$ 隻，過境總數估算達205,197隻，在95%信賴區間內，數量介於166,347~228,206隻( $n = 496$ )。在所記錄的鷹群中，規模1,000隻以上的鷹群，佔總鷹群數的10.1%，而53.4%的鷹群規模皆在100~499隻之間(Table 1)。最長的鷹群(11.6 km)出現在9月13日7時45分，數量估計為5,247隻，由鵝鑾鼻一帶出海。當日的總過境數量達47,613隻，亦是研究期間所發現的單日最大量，佔研究期間估算總數的23.1%。單日次大量出現在9月19日，數量達45,342隻，佔研究期間估算總數的22%。研究期間其他單日過境數超



**Fig. 1. Relationships between (a) flock length and width, (b) flock length and the number of hawks in a flock, and (c) flock width and the number of hawks in a flock for staging Chinese Sparrowhawks in September 2005.**

過10,000隻的日期尚有8、9、10、28等四日，加上13及19日的數量，此六日的過境數量達169,569隻，佔總過境數的82.6% (Fig. 2)。

## 二、過境路線

在過境路線方面，經由陸路通過恆春半島地區的赤腹鷹，數量估算達142,841隻，佔研究期間總過境量的69.6%；經由海路通過的數量則達62,356隻，佔研究期間總過境量的30.4%。陸路過境最大量出現在9月19日，數量達41,830隻，佔全部陸路過境量的29.3%。海路過境最大量出現在9月9日，數量達21,016隻，佔全部海路過境量的33.7% (Fig. 2)。

## 三、過境時段

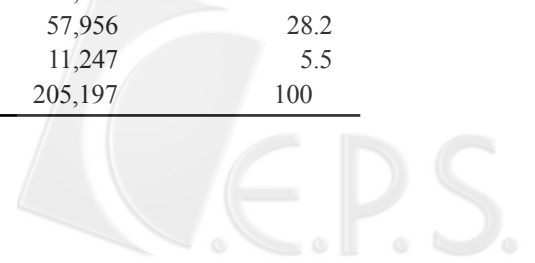
研究期間鷹群通過北緯 $21^{\circ}54'09''$ 的時間集中於07:00~11:00等五個時段，佔總過境量的88.3%，其中經由陸路通過的鷹群，過境量最大的時段出現在07:00，佔全部陸路過境量的31.9%；而經由海路通過的鷹群，過境量最大的時段出現在10:00，佔全部海路過境量的40.4%。以總和來說，研究期間赤腹鷹群的最大及次大量過境時段，分別出現在07:00和09:00 (Fig. 3)。

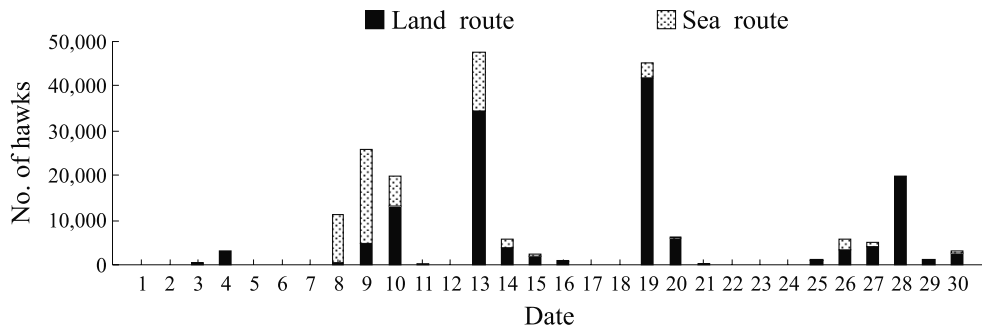
## 討論

在春季北返的赤腹鷹群中，數量在1,000隻以上的鷹群，僅佔總鷹群數的2.4% (Wang and Sun 2005)，而本研究所測得的資料卻高達10.1%，在總過境量差異不大的情形下，秋季

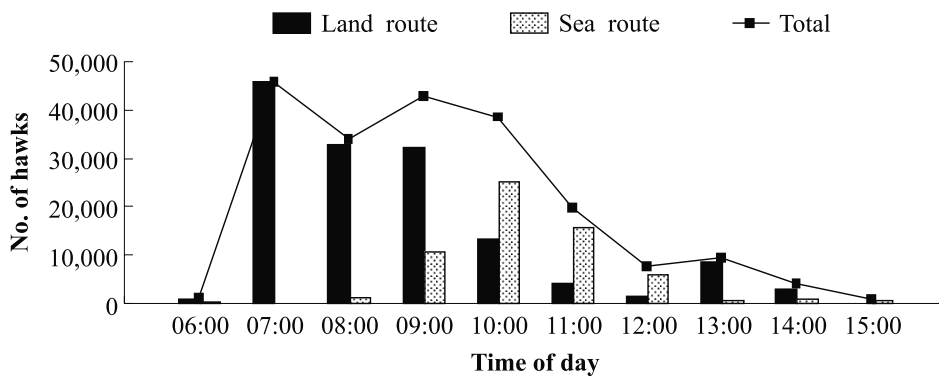
**Table 1. Flock sizes of Chinese Sparrowhawks passing through the Hengchun Peninsula in September 2005**

Flock size	No. of flocks	%	No. of hawks	%
> 999	50	10.1	109,512	53.4
500~999	39	7.9	26,482	12.9
100~499	265	53.4	57,956	28.2
< 100	142	28.6	11,247	5.5
Total	496	100	205,197	100





**Fig. 2.** Daily variations in the number of Chinese Sparrowhawks passing through Hengchun Peninsula in September 2005. The radar was shut down and no data were obtained due to servicing several periods, which were at 05:00~09:20 on September 6, at 05:00~16:00 on September 17, at 13:21~15:45 on September 20, and at 09:46~11:39 on September 28.



**Fig. 3.** Number of Chinese Sparrowhawks passing through Hengchun Peninsula according to time of day in September 2005.

鷹群的過境，明顯的集中於較大的鷹群。根據猛禽利用上升氣流遷徙與群聚的假說(Kerlinger 1989)，赤腹鷹在陸地利用上升氣流進行遷徙並擴大群體的數量，因此在離開陸地前的群體數量較高。而進入水體之後，由於上升氣流較為微弱，因此必須採用鼓翅飛行(powered flight)。為了達到最高的能量使用效率，避免過大的群體影響最佳飛行速度(Hedenstrom 2003)，在水體上遷徙的赤腹鷹群可能逐漸捨棄以較大的群體進行遷徙，因此使得春季所測得的北返鷹群較少出現大群體的現象。比對秋季經由陸路及海路過境的赤腹鷹群亦可發現，陸路鷹群中數量超過1,000隻的比例達11.3%，

而海路僅達8.1%。雖說比例未如春秋季節間的懸殊，但其原因可能是由於兩路線在水體上飛行的時間差距不大的因素。若能進一步取得秋季赤腹鷹自北方進入台灣地區的氣象雷達影像資料，將可驗證此一推測的可能性。

根據2005年墾丁國家公園秋季過境猛禽調查的結果，9月份過境赤腹鷹的地面調查數量約14萬隻，較雷達估算的數量短少約6萬餘隻，其中的單日最大量出現在9月19日(Wang and Sun 2005)，與當日雷達觀測所得數量大致吻合。但雷達所觀測到的單日最大量出現在9月13日(Fig. 2)，而當日地面調查所得的數量，僅約雷達觀測數量的1/2 (Wang and Sun 2005)，兩者間有明





顯落差。若假定藉由陸路過境恆春半島的赤腹鷹皆可被調查員所記錄，則根據雷達觀測，當日應有34,000隻左右的赤腹鷹應被紀錄，然而此一數量卻較地面的實際調查多出1萬餘隻，顯示傳統的地面調查應有其他限制因素存在。綜觀雷達觀測當日通過地面調查位置的鷹群，過境時間皆集中於07:00至10:00，數量高達33,000隻以上，是否由於大量而密集的過境，導致地面計數的困難與疏漏，仍須進一步探討。

根據地面調查的資料，9月11日當天有6千多隻的赤腹鷹過境恆春半島(Wang and Sun 2005)，但經由雷達觀測卻未發現任何通過地面調查可視區域的過境鷹群。觀察雷達圖上的徑向風場顯示，當日風向主要為西南風，最大瞬間風達3.3~16.4 m/s，屬於逆側風的天氣型態。因此，地面調查所觀測到的鷹群，可能在進入雷達可視區域前即已經折返，而成為9月13日遷徙量的一部份，並可能因此而再次被地面調查者所記錄。由此推測，地面調查所獲得的過境數量，可能有部分重複計數的情形。因此，地面調查所可記錄到的實際過境量與總過境量間，可能有更大的差距。

雷達觀測9月19日所得到的單日次大量在總數上雖與地面調查(Wang and Sun 2005)相去不遠，但若單只計算經由陸路的過境數量可發現，雷達觀測到的鷹隻數量約為42,000隻左右，較地面調查短少約3,500隻。其可能導因於本研究為了避免與其他遷徙鳥類混淆，僅取用4個像素以上的鷹群影像集合納入樣本，捨棄了未達4個像素的部分，也就因此造成較小鷹群或零星鷹隻的遺漏。若以當日地面觀察的數量來估算，雷達因上述因素的遺漏值約在8.3%左右。而研究期間利用雷達觀測赤腹鷹過境總數，估算達20餘萬隻，若以9月19日的雷達遺漏值加以推估，研究期間赤腹鷹的總過境量應可達22萬隻。其中，經由陸路，通過地面調查員可視範圍的數量，依照陸路過境量的比例推算，約在15.5萬隻左右，較之實際地面調查所得的數量，多出約2萬隻左右(Wang and Sun 2005)，若再加上雷達停機無法取得資料時的過境量，此一差距則有加大的可能。

經由海路過境恆春半島的赤腹鷹數量，依照遺漏的比例推估實際的過境量約在6.5萬隻左右，且自雷達影像上得知，幾乎全部自該路線過境的赤腹鷹群，皆從台灣本島和蘭嶼間的海面通過向南遷徙，其每日的主要過境時段為09:00~12:00，與陸路過境的07:00~09:00，有著數小時的差距(Fig. 3)，如此的現象與先前的研究結果十分一致(Wang and Sun 2004)。若假設在各地夜棲的赤腹鷹皆在每日06:00啟程南遷，則以赤腹鷹的平均飛行速度 $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 來估算(Wang and Sun 2004, 2005)，經由陸路過境的赤腹鷹群，其夜棲地點，主要應在恆春半島山區一帶，與過去的研究結果相符(Severinghaus 1991, Tsai 1996)；而經由海路過境的赤腹鷹群，其夜棲地點，應主要在花蓮至台東一帶山區。而從花蓮到巴丹群島及呂宋島的直線距離約在350~600 km之間，估計約需7~12小時的飛行時間，因此登陸時間約在13:00~18:00，與春季赤腹鷹登陸台灣地區的時段相符(Wang and Sun 2004)。假若於花蓮至台東一帶山區夜棲的赤腹鷹選擇經由陸路南遷，則其飛行的時間必因距離增加而加長，可能迫使其登陸的時間延後到日落之後，影響其夜棲地的選擇並增加飛行的風險(Kerlinger 1989)。因此，經由海路過境的赤腹鷹群，可能由於在台灣的夜棲地距離下一個目的地較遠，為了縮短遷徙時間與距離，而選擇距離較短的海路進行南遷。未來在赤腹鷹南下遷徙的路徑研究上，若能透過台灣東部的氣象雷達系統，對該議題進行探討，則可進一步瞭解赤腹鷹過境台灣地區之模式。

整體來說，本研究期間所發現的赤腹鷹總過境量，遠不及2004年秋季所進行的調查，且僅有其過境量的1/2左右(Wang and Sun 2004)。此一現象，很可能導因於惡劣天候的結果。本研究期間，台灣地區遭遇2個颱風侵襲，且路徑亦直接襲擊日本、琉球群島等赤腹鷹重要活動區域，加上數日的豪大雨，使得適合赤腹鷹過境飛行的天氣型態大大減少。由研究結果亦可發現，赤腹鷹過境的主要日期，因天氣因素而產生數個高峰(Fig. 2)，相較於2004年的研究所呈現的結果(Wang and Sun 2004)，明顯的因

天候因素切割而較為破碎。況且遭遇惡劣天氣所造成的族群折損亦在所難免，可能因此導致過境量的大幅減少。此外，春季北返過境量較2004年減少(Wang and Sun 2005)，亦可能是本研究期間數量較2004年9月大幅縮減的原因之一。赤腹鷹如此的族群變動情形，是否由於部分族群改由其他路徑南遷而不過境台灣，抑或整體族群數量有所消長，仍有待後續研究的進行。

## 結論

本研究結果顯示，有近1/3過境量的赤腹鷹，會經由恆春半島東部海域遷徙而被地面調查者所遺漏。而赤腹鷹群出海後遭遇不良天候所產生的折返現象，易使地面調查的過境數量計數產生誤判。利用氣象雷達正可彌補上述限制，進行赤腹鷹過境數量的估算、過境路線的監測、時間的紀錄、鷹群結構的測量，以及用以預測其過境路徑上的選擇。同時並可降低調查人力的需求、減少因天候因素所造成的誤差與限制。利用氣象雷達進行鳥類活動的研究，雖受限於大氣環境中的雜訊及水氣干擾，難以追蹤零星活動的較小群體，但仍有助於許多遷徙鳥類的研究，補足因傳統調查所產生的限制，提供更便利而可靠的資料獲取方式。

## 謝誌

本研究承內政部營建署墾丁國家公園管理處(計劃編號：513-94-03)經費補助，特予致謝。

## 引用文獻

- Able KP. 1972.** Fall migration in coastal Louisiana and the evolution of migration patterns in the Gulf region. *Wilson Bull* 84:231-43.
- Berthold P. 2001.** Bird migration: a general survey. New York: Oxford Press. p 14-34.
- DeCandido R, Nualsri CN, Allen DA, Bildstein KL. 2004.** Autumn 2003 raptor migration at Chumphon, Thailand: a globally significant raptor migration watch site. *Forktail* 20:41-6.
- Eastwood E. 1967.** Radar ornithology. London: Methuen. p 60-76.
- Ferguson-Less J, Christie DA. 2001.** Raptors of the world. London: Christopher Helm Press. p 531-3.
- Gauthreaux SA Jr. 1971.** A radar and direct visual study of passerine spring migration in southern Louisiana. *Auk* 88:343-65.
- Gauthreaux SA Jr. 1992.** The use of weather radar to monitor long-term patterns of trans-Gulf migration in spring. In: Hagan JM III, Johnston DW, editors. Ecology and conservation of neotropical migrant land-birds. Washington DC: Smithsonian Institution Press. p 96-100.
- Gauthreaux SA Jr, Belser CG. 1998.** Displays of bird movements on the WSR-88D: patterns and quantification. *Weather and Forecasting* 13:453-64.
- Hedenstrom A. 2003.** Twenty-three testable predictions about bird flight. In: Berthold P, Gwinner E, Sonnenschein E, editors. Avian migration. Heidelberg: Springer-Verlag Press. p 563-82.
- Kerlinger P. 1989.** Flight strategies of migrating hawks. Chicago, IL: University of Chicago Press. p 153-269.
- Lan CY. 2003.** The use of weather radar to study *Accipiter soloensis* migratory behavior at Kenting area [master's dissertation]. Pingtung, Taiwan: National Pingtung University of Science and Technology. 79 p. [in Chinese with English summary].
- Larkin R. 1984.** The potential of the next radar system for warning of bird hazards. Proceedings of the wildlife hazards to aircraft conference and workshop. Charleston, SC: FAA. p 369-79.
- Lee JH. 2000.** A spring migratory study on the gray-faced buzzard at the Baquashan, 2000. Wild bird society of Changhua NanLuYing 8. [in Chinese].

- Lee JH. 2002.** An overview spring migratory study on the Gray-faced Buzzard at the Baguashan. *Wild Birds* 7:167-78. [in Chinese].
- Severinghaus LL. 1991.** A study of diurnal staging raptor at the Kenting National Park. 73 p. Pintung Taiwan: Kenting National Park Construction and Planning Agency Ministry of the Interior. [in Chinese].
- Tsai YJ. 1996.** Study on the populations of staging raptors at Kenting. *Wild Birds* 5: 51-5. [in Chinese].
- Tsai YJ, Tang HH, Lin CY. 2003.** Research on population and pass time of autumn migratory hawks in Kenting area (1990-2002). *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Symposium on Ecology of Raptors in Asia 2003*; 10-13 October 2003; Kenting, Taiwan: Raptor Research Group of Taiwan. p 38.
- Wang CJ, Sun YS. 2004.** Study on the spring and fall populations of staging raptors at the Kenting National Park in 2004. 72 p. Pintung Taiwan: Kenting National Park Construction and Planning Agency Ministry of the Interior. [in Chinese with English summary].
- Wang CJ, Sun YS. 2005.** Study on the spring and fall populations of staging raptors at the Kenting National Park in 2005. 65 p. Pintung Taiwan: Kenting National Park Construction and Planning Agency Ministry of the Interior. [in Chinese with English summary].
- Williams TC, Williams JM, Ireland LC, Teal JM. 1977.** Autumnal bird migration over the western North Atlantic Ocean. *Am. Birds* 31:251-67.

