

墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫

墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告（九十八年度）

# 墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫

墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告

中華民國 98 年 12 月

契約編號：513-98-03

## 墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫

受委託者：長榮大學 環境資訊研究中心  
計畫主持人：賴信志 博士  
協同主持人：潘貞杰 博士  
研究員：鄧仁星 博士  
研究助理：林順凱

## 墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告

中華民國 98 年 12 月

## 目次

表次.....	III
圖次.....	V
誌謝.....	IX
摘要.....	XI
Abstract.....	XV
第一章 緒論.....	1
第二章 文獻探討與工作方法介紹 .....	3
第一節 候鳥遷徙路徑與雷達運用.....	3
第二節 墾丁雷達簡介.....	5
第三節 全天空照相機簡介.....	8
第四節 工作方法與系統建置.....	13
第三章 結果與分析.....	25
第一節 回波辨識判讀系統發展 .....	25
第二節 98年猛禽遷徙調查時段之猛禽回波判讀個案初步分析 .....	40
第三節 墾丁國家公園猛禽遷徙資訊展示系統 .....	58
第四章 結論與建議.....	67
第一節 結論.....	67
第二節 建議.....	68
附錄 A 評選會議紀錄.....	69
附錄 B 期中審查會議紀錄.....	79
附錄 C 期末審查會議紀錄.....	87
附錄 D 雷達資料清冊.....	93
附錄 E 全天空影像資料清冊.....	111
附錄 F 高空風觀測方法與結果.....	121
參考文獻.....	135

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 表 次

表 1	雷達與全天空影像訊號比對表 .....	26
表 2	98 年春、秋季地面人工調查記錄過境猛禽大量個案表 .....	40
表 3	全天空與雷達比對雲率 .....	57
表 4	計畫甘特圖 .....	66

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 圖 次

圖 1	Clemson University 雷達鳥類實驗室之紅外線照相機與單方向雷達圖.....	5
圖 2	墾丁氣象雷達站地理位置說明圖 .....	6
圖 3	墾丁雷達掃描策略示意圖(仰角).....	7
圖 4	墾丁雷達掃描策略示意圖(方位角).....	7
圖 5	CRL-ASI 之技術流程與外觀.....	8
圖 6	SIGMA 8mm f/4.0 EX Circular Fish-Eye 鏡頭外觀.....	9
圖 7	Nikon 8mm f/2.8 Fisheye-Nikkor 鏡頭外觀.....	9
圖 8	TSI-880 之技術流程與外觀.....	10
圖 9	TSI-880 即時影像.....	11
圖 10	Nikon 10.5mm f/2.8 AF DX Fisheye-Nikkor 鏡頭外觀 .....	12
圖 11	社頂人工觀測所得之影像 .....	12
圖 12	墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫 .....	13
圖 13	台灣擁有全世界最密集之氣象雷達網絡 .....	14
圖 14	全天空照相機所得之影像及儀器外觀 .....	16
圖 15	全天空照相機設置地點與觀測範圍示意圖 .....	17
圖 16	DBMS 在各種系統之驗證.....	18
圖 17	本團隊之 DBMS 設計.....	19
圖 18	本團隊之資料流結構設計 .....	19
圖 19	Google earth 線上展示平台，猛禽遷徙路徑平視圖 .....	21
圖 20	Google earth 線上展示平台，猛禽遷徙路徑屆時如圖中黃色線條一般標示.....	21
圖 21	計畫整體架構圖.....	22
圖 22	第一年計畫示意圖.....	23
圖 23	第二年計畫示意圖.....	23
圖 24	第三年計畫示意圖.....	23
圖 25	猛禽遷徙資訊系統整合流程 .....	24
圖 26	猛禽的辨識系統發展概念 .....	25
圖 27	(a)有雲無猛禽，(b)有雲有猛禽示意圖 .....	26
圖 28	無雲有猛禽示意圖.....	27
圖 29	雷達回波之辨識測試流程 .....	28
圖 30	全天空影像裁剪前後之顯示。左圖為原圖，右圖為裁剪之結果 .....	28
圖 31	全天空影像處理流程 .....	29
圖 32	全天空影像雲辨識前後之顯示。左圖為原圖，右圖為辨識之結	

果.....	29
圖 33 全天空影像流程圖.....	30
圖 34 (a)原始影像, (b)未等化直方圖.....	31
圖 35 (a)等化後影像, (b)等化後直方圖.....	31
圖 36 (a)原始影像, (b)處理完影像.....	32
圖 37 (a)原始影像, (b)r=130 之校正圖.....	33
圖 38 人工魚眼影像處理流程圖.....	34
圖 39 (a)原始影像, (b)灰階影像.....	35
圖 40 (a)傅立葉轉換後影像, (b)高斯濾波及反轉換影像.....	36
圖 41 (a)原始影像, (b)處理完影像.....	37
圖 42 (a)原始影像, (b) r=450 之校正圖.....	38
圖 43 魚眼校正統計示意圖.....	38
圖 44 魚眼曲率反轉統計分析圖 (X 軸).....	39
圖 45 魚眼曲率反轉統計分析圖(Y 軸).....	39
圖 46 2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	43
圖 47 2009 年 4 月 21 日 7 時 45 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	44
圖 48 2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	45
圖 49 2009 年 9 月 15 日 10 時 45 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	47
圖 50 2009 年 9 月 16 日 10 時 30 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	48
圖 51 2009 年 9 月 21 日 8 時 8 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	49
圖 52 2009 年 10 月 1 日 6 時 8 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	52
圖 53 2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分 (a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖.....	

對圖.....	53
圖 54 2009年10月8日7時15分 (a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比 對圖.....	54
圖 55 2009年10月11日9時0分 (a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比 對圖.....	55
圖 56 2009年10月12日6時53分 (a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比 對圖.....	56
圖 57 網站主要架構.....	59
圖 58 網站首頁.....	59
圖 59 新使用者註冊.....	60
圖 60 登入後先看到的頁面 .....	61
圖 61 Google Map 顯示頁面.....	62
圖 62 Google Earth 顯示頁面.....	63
圖 63 頁面功能列可折疊.....	64

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 誌 謝

本計畫得以順利完成，首先要感謝墾丁國家公園管理處提供計畫經費。計畫進行期間承墾丁國家公園管理處馬協群課長、保育課蔡乙榮先生、郭暉嫩小姐之指導與協助；水泉國小王麗芬校長、陳建志主任、陳國生主任、謝豐緒主任及全體老師對全天空照相機系統觀測幫忙以及協助現場觀測的任職於天氣風險管理公司的吳佩霞小姐與吳孟娟小姐，長榮大學科技工程管理學系通訊實驗室同學，有賴力瑋、王佑仁、劉耿佑、何雅慧、白靜玟…等的辛苦觀測使本計畫順利完成，感謝以上夥伴讓我們的計畫更加順利，僅此一併誌謝。

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 摘 要

**關鍵字：**猛禽、氣象雷達、全天空影像、猛禽遷徙資訊系統

### 一、計畫緣起

台灣的氣候條件以及在世界上獨一無二的地理位置，成為東亞地區候鳥或猛禽在春、秋兩季北返南來時的路徑中點；也使得台灣成為東亞地區猛禽生態研究的少有舞台。過去墾丁國家公園管理處以地面觀測調查過境台灣的猛禽族群，也利用中央氣象局氣象雷達來進行候鳥遷徙路徑以及群數的判斷，曾經成功的判斷出一些鷹群個案，並利用這些個案的數據資料，求出氣象雷達回波推算鷹群數量的公式。

本計畫的主要目標即在增進氣象雷達對猛禽研究上的貢獻，利用氣象雷達的資料與猛禽的地面調查進行同步的結合，並加上全天空影像的驗證。如此可以在猛禽過境期間，藉由雷達回波的過濾與篩選，找出猛禽的飛行過程。對擁有全世界都卜勒氣象雷達密度最高，以及東亞猛禽必經停憩的特殊地點等優勢的我國而言，實在是非常重要的研究。除此之外，本計畫利用先進的資訊處理技術，結合即時傳輸、資料庫整合以及地理資訊展示系統，將猛禽遷徙的資訊進行即時的展示，對於調查研究、賞鳥旅遊等皆有相當大的助益。

依據2009年春、秋兩季的猛禽辨識實驗顯示，在11個赤腹鷹與灰面鵟鷹大量過境的日期，證實利用人工地面調查、全天空照相機以及雷達回波的共同比對可以精確的辨識鷹群的影像。而全天空影像資料的加入可以增進雷達回波對鷹群訊號的判斷，尤其在晴空的條件下，辨識率更可高達80%以上。此結果突破了以往利用氣象雷達研判過程中，缺乏鷹群與雲之間差異判別的訊號證據。

台灣擁有全世界都卜勒氣象雷達密度最高的優勢，若能持續猛禽回波辨識系統的研發，加上更多的判斷元素，並完成所有的資料流與資訊傳遞過程。這套「猛禽遷徙資訊系統」將有助於我國對猛禽遷徙習性的了解，且發展之成果將是國際性的突破。

## 二、方法及過程

本計畫所利用的觀測儀器包含氣象雷達、全天空照相機 TSI-880，觀測資料則會包含猛禽研究協會所進行的人工地面調查，在猛禽的辨識系統發展概念上，以雷達 0.5 及 1.4 兩個接近地面的掃描角度當作基底訊號，訊號來源分成三類：1.雲的訊號，2.海面雜訊(sea clutter)，3.其他訊號。

在本計畫中，利用全天空攝影所得之影像可得到雲的訊號，亦可藉由晴空與雲的分佈，辨識出海浪雜訊，因此將天空的狀況藉由雷達與全天空影像的比對後，可扣除雷達回波中雲與海面雜訊的訊號，剩餘的部分即可視為猛禽在雷達影像中的訊號，可知天空狀況有雲及猛禽時在雷達影像與全天空影像可能產生的配置。

由以上的設計可得知，利用雷達回波與全天空影像可以得到完整有關空間中雲的訊號有兩種情形，本計畫分別利用兩個方法來得到空間中猛禽的訊號，如下：

方法 1：
$$TSI - (radar1.4 \cup radar0.5 \cap TSI)$$

其中 TSI 表示全天空影像所代表雲的空間分布，radar1.4 與 radar0.5 分別代表雷達角度 1.4 和 0.5 的回波空間分布。將雷達回波 1.4 跟雷達回波 0.5 聯集再跟全天空影像交集，即為雲的訊號全天空扣除雲的訊號，即可把雲的訊號扣除。

方法 2：
$$radar1.4 \cup radar0.5 - (radar1.4 \cup radar0.5 \cap TSI)$$

雷達回波 1.4 跟雷達回波 0.5 聯集再跟全天空影像交集，即為雲的訊號。雷達回波圖扣除雲的訊號，即為猛禽訊號。

以全天空照相機與氣象雷達配合的示意圖來說明，由全天空照相機所延伸出去的曲線為其拍攝的範圍，而從雷達所延伸出去的斜直線為其掃描角度 0.5 度與 1.4 度，區塊 1~5 的正確成像位置在紅色粗底線，黑色粗底線為區塊 2、3、5 在全天空影像中的成像位置。由於全天空影像解析度低所以在上圖的區塊 1

與區塊 4 在全天空影像中找不到而區塊 2、3、5 分別成像在黑色粗底線，所以必須搭配雷達圖來進行比對找出我們要的訊號，也就是區塊 1 與區塊 4 的地方。

### 三、重要發現

由本年度地面調查數量較多的猛禽遷徙個案(11 個個案)進行猛禽辨識系統的統計訓練過程中，利用人工地面調查，全天空照相機以及雷達回波的共同比對可以發現，全天空影像資料的加入可以增進雷達回波對鷹群訊號的判斷。此結果突破了以往利用氣象雷達研判過程中，缺乏鷹群與雲之間差異判別的訊號證據。本計畫亦將此驗證機制自動化，以完成猛禽訊號判別系統。

經由統計結果，在以水泉國小中心延伸範圍半徑 100 公里的全天空影像與雷達回波圖對應位置，比對雲在雷達回波圖上之數量，再跟雷達回波圖對應位置雷達數量總數進行統計分析，以雲量 70%以上使用公式 1 做辨識。雲量 70%以下，則使用此雷達時間點找尋此前後各 3 個時間點(例如雷達時間點為 23 分往前取 00 分、08 分、15 分，往後取 30 分、38 分、45 分，總共 7 個時間點)的雷達回波所有訊號進行滑動平均，取得雷達與全天空影像中雲之比對率，來表示辨識系統的效能。由此可知，當晴空狀態時，辨識率愈高，可高達 70%；而雲量愈多時，辨識率較低。

### 四、主要建議事項

根據本計畫發現，猛禽遷徙資訊系統之雛型雖然已經建立，但是為將系統功能提升到成熟階段，提出下列具體建議。以下分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉。

立即可行建議—猛禽遷徙資訊的研判與辨識系統訓練

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：長榮大學、中央大學、中央氣象局、台灣猛禽研究會

在本計畫所完成研究發展的猛禽遷徙資訊研判與辨識系統訓練中，如能搭配以下兩點，必能使整個系統訓練成果更加完善：

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

- 1.地面人工調查觀測的資訊是本計畫非常重要的訊息，其在訓練辨識系統的過程中是具有決定性的資訊。
- 2.加強與人工地面調查的系統與資料整合，如加入人工地面調查的鷹群飛行方位的記錄當時地面風向的判別...等。

中長期建議—猛禽遷徙資訊與辨識系統建置

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：長榮大學、中央大學、中央氣象局、台灣猛禽研究會

為達成猛禽遷徙資訊系統與辨識系統建置之完善，提出以下中長期建議，分述如下：

1.在猛禽回波辨識系統：

完成世界上第一套即時的「猛禽遷徙資訊系統」，將有助於我國對猛禽遷徙習性的了解，且發展之成果將是國際性的突破。

2.在猛禽訊號辨識系統：

- a.下一階段的重要工作將它進一步改良，也是猛禽飛行路徑建立的必要工作。
- b.進階發展的首要考量因素：如何搭配衛星影像、地面調查的飛行方向驗證、低空風場的資訊等。

## Abstract

**Keywords : Raptor migration, weather radar, all-sky camera, information system.**

As locating on the mid-way of the migration tracks of raptors where Asian Monsoon affects directly to the weather, Taiwan is a very important site for migrating raptors in East Asia. For the past years, researchers associated with the Kenting National Park used a Doppler Weather Radar (Central Weather Bureau) to investigate the migration tracks of raptors, few episodes achieved very successful results but it was far from validation by objective scientific evidences.

This project is to build up an information system which uses all-sky camera to identify the radar echo and surface survey, and also build up a data flow, data base and Geographic Information System (Google Earth) to be a real time display system. The system will show the migration information in real time that will be integrated for academic research, surface surveying and tourist information.

In 2009, camera field experiments were employed and got more evidence to improve the migration signal with radar echo validation. The validation works on 11 episodes that the amount of migration raptors was averaged exceed to 10,000. It shown that all-sky camera is very useful to cooperate with weather radar and surface survey. This work also completed the information structure and data flow. This information system is a pioneer system to study the migration raptors among the world, also is an excellent tool in helping tourists and bird-watchers.

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 第一章 緒論

台灣，福爾摩沙之島，位於全世界最大的海洋(太平洋)以及最大的陸地(歐亞大陸)之間。因此在這樣的地理配置下，東亞地區的氣候特徵——季風，便成為影響台灣天氣最明顯的系統。夏季因大陸熱、海洋冷的關係，氣流從印度洋及南太平洋向陸地吹形成西南季風；而冬季則正好相反，大陸冷而海洋溫暖的條件形成氣流從中國大陸向海洋上吹，形成所謂的東北季風。這樣的氣候條件，使得東亞地區的候鳥或猛禽得以在春、秋兩季北返南來，完成種族使命。由於猛禽類的天生生物特質限制，遷徙的過程必須落地暫憩，台灣由於位在花彩列島的中點，也正是東亞候鳥南遷北返時的路徑中點。因而台灣以其在世界上獨一無二的地理位置，成為東亞地區猛禽遷徙的必經路徑。諸多猛禽的短暫停歇，除了讓台灣的天空充滿季節性生命的活力外；對於猛禽的生態研究而言，台灣也是全球少有的舞台。

因此，東亞地區猛禽遷徙通過台灣的過程，是全世界研究候鳥非常珍貴且獨有的資料。過去幾年墾丁國家公園管理處以地面觀測調查過境台灣的猛禽族群，發現過境台灣的猛禽數量高達數萬至數十萬，對於東亞猛禽在墾丁地區的過境已有初步的了解。然而受限於地面觀測人力能量上的不足，並無法有全面性的調查結果。因此墾丁國家公園管理處也利用中央氣象局氣象雷達來進行候鳥遷徙路徑以及群數的判斷，在過去三年的研究成果中，也成功的判斷出一些鷹群個案，並利用這些個案的數據資料，求出氣象雷達回波推算鷹群數量的公式。

然而由於氣象雷達資料的特殊性，過去並無法將氣象雷達的資料與猛禽的地面調查進行同步的結合，而地面調查也因為需要浩大的人力資源而無法廣面的進行，這些都使得台灣在進行猛禽遷徙行為的研究時有了不小的阻礙。對擁有全世界都卜勒氣象雷達密度最高，以及東亞猛禽必經停憩的特殊地點等優勢的我國而言，實在是非常可惜。因為猛禽遷徙資訊的掌握除了能提升我國在國際生態相關議題的貢獻度外，對於一些相關的議題如天氣(氣象雷達的多工與加值利用)、衛生(禽流感相關訊息的提供與掌握)、綠色能源(風機設置地點對生態之影響)等，都能提升台灣在國際社會的知名度與貢獻能力。而若能以全天空照相機來進行地面調查資料之即時融入，亦將成為全世界第一個以此方法來進行猛禽研究的國

## 墾丁國家公園

### 猛禽遷徙資訊系統建置計畫 家。

本計畫在上述前提之下，結合猛禽、氣象雷達、衛星定位系統與資訊專長之專家學者，包含長榮大學、國立中央大學以及中央氣象局之團隊，設計開發「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」。此系統將含括中央氣象局所有的氣象雷達資訊，整合資料庫、雷達回波辨識、猛禽回波辨識、地面調查資訊等系統，結合並建立動態的網站資訊系統。此系統將能提供猛禽遷徙所需的相關即時資訊，如飛行路徑、群組、群數之估計，東亞地區當時天氣條件以及環境相關資訊。利用網際網路的展示功能，將台灣獨特的猛禽遷徙資訊即時展現在網路系統之上，可以初步掌握猛禽的動態，並機動調配地面調查的人力與物力，以達到掌握猛禽飛行路徑與群數的最佳狀態。若能建立「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」，台灣將成為全球第一個展現猛禽即時相關資訊的國家，除此之外，所得之資訊並能融入地區觀光旅遊的行銷系統之中，創造國家利益、地區發展以及科學研究的三贏局面，同時也能成為產官學合作的典範。

## 第二章 文獻探討與工作方法介紹

### 第一節 候鳥遷徙路徑與雷達運用

台灣是位處於亞洲東岸熱帶區域的島嶼，正當鳥類遷移路程之中，雖然地域狹小，可觀察到的猛禽數量、種類相當可觀。根據 1995 年中華鳥會的資料，台灣可觀察到隼形目 26 種，其中鶚科 1 種，鷹科 21 種，隼科 4 種。鴉形目 12 種，草鴉科 1 種，鴟鴞科 11 種。共計 38 種猛禽。

(<http://raptor.org.tw/Knowing/framknowing.htm>)

在台灣墾丁地區的 26 種日行性猛禽中，以灰面鵟鷹及赤腹鷹最具代表性，數量分別可達上萬餘隻至十萬餘隻（蔡乙榮，1996；1998），不論過境數量以及聚集型而言，其遷移形式為自然界景觀之一，也激起了大眾對牠們遷徙種種問題探討的興趣。赤腹鷹雖然過境數量龐大，但每一個體停留期限很短且棲息時很隱密不易觀察。而灰面鵟鷹由於棲息地近於人類聚落，對人的警戒性又低，遭受很大的獵捕壓力，相對進行的調查研究亦較多（林世松、林夢雄，1986；林正二等，1991；劉小如，1991；蔡乙榮，1994；1996；1998；藍正裕，2003）。

根據日本的調查資料，有許多灰面鵟鷹自日本中部向南部的九州遷徙，經由九州東部進入琉球群島；赤腹鷹自朝鮮半島經由九州西部進入琉球群島再向西南遷徙進入台灣(藍正裕，2003)。而目前的研究顯示，在台灣秋季期間，墾丁地區則是觀察大族群赤腹鷹及灰面鵟鷹出海的極佳地點，滿州地區有大族群灰面鵟鷹、台東可見赤腹鷹。就過去的資料顯示，過境鷹群的種類、數量與習性，透過有限的地面人力觀測可以得到相關的訊息。然而這些猛禽是從何處入境台灣？飛行路徑與策略為何？皆有待進一步的研究。

黃光瀛(1999)將遷徙性猛禽於飛行時的形式分為：1.縱隊、2.鷹柱、3.滑翔、4.盤旋。這些不同的飛行形態可透過雷達的研究來掌握，並可進一步調查鳥類的飛行高度的變化與影響遷徙高度的因子（Kerlinger，1989）。美國很早就開始利用雷達來進行鳥類的偵測，剛開始的主要目的是為了預防飛機遭受鳥擊，為了偵測飛禽鳥而有 bird radar 的出現。

(<http://virtual.clemson.edu/groups/birdrad/birdradar.htm>)

而 50 年代後期也開始使用氣象雷達(如 WSR-74C)來研究鳥類遷徙，由於氣

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

象雷達的範圍可以偵測到 250km 遠，因此許多大尺度的鳥類遷徙型態經由氣象雷達偵測研究，有了許多的成果及答案( Gauthreaux, 1970)。其中最有經驗的是美國南卡州的克來門遜大學雷達鳥類實驗室 Clemson University Radar Ornithology Laboratory，該實驗室的主持人 Gauthreaux 博士使用 WSR-88D 研究鳥類移動的基本反射、基本反射速率及數量的顯示等。WSR-88D 是所謂的都卜勒氣象雷達，利用都卜勒的原理提供了一種計算技術，可從小範圍擴展到大範圍偵測大氣中物體的回波，當然也包含鳥類及其移動。Gauthreaux(1970)和 Gauthreaux and Belser(1998)在進行鳥類雷達相關研究時，程序上是先對鳥群做觀測，再確認在雷達回波中顯示的回波型態。台灣則在 2003 年率先由屏東科技大學配合墾丁國家公園管理處進行類似的研究(藍正裕，2003；鄭育昇，2005；鄭等，2006)。

然而在台灣的自然環境上雷達的觀測有其限制，因此在過去的雷達鳥類研究中，對於鷹群飛行的路徑與飛行聚集的形態並沒有辦法驗證。這些在國際的研究上同樣也受到瓶頸，例如德國在偵測鳥禽飛行路徑與風力發電機組之間的過程( Huppop et al.，2006)，抑或以色列在研究評估鸛鳥飛行高度的過程( Shamoun - Baranes et al.，2003)，都提出相同的意見。因此對於驗證資料的實驗與佐證，在研究鳥類的飛行路徑與高度上，便顯得十分重要，因而影像顯示與辨識系統也在鳥類學研究中開始被應用。

Gauthreaux and Livingston (2006) 利用一台固定方向的雷達與一架紅外線的數位照相機在美國南卡州的 Pendleton 進行了對候鳥飛行路徑與飛行高度的研究工作。他們在 2000~2003 年之間成功的利用此套系統觀察了夜間候鳥的飛行，在 2629 個影像中完成 82%(2151)的鳥類偵測。此個案之成功在候鳥飛行與雷達應用的研究上具有指標性的意義。

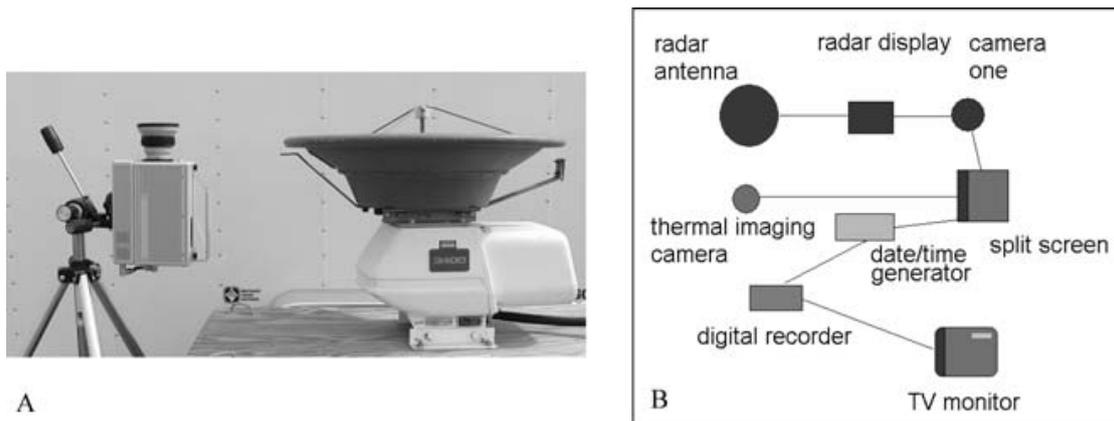


圖 1 Clemson University 雷達鳥類實驗室之紅外線照相機與單方向雷達圖  
(資料來源: <http://virtual.clemson.edu/groups/birdrad/birdradar.htm>)

## 第二節 墾丁雷達簡介

墾丁氣象雷達為一德製 METEOR 1000S 型氣象雷達，雷達站位於恆春半島的鵝鑾鼻，地處台灣本島最南端點，其座標位於東經 121°50'50"，北緯 21°54'09"，地平海拔 29 公尺，雷達天線喇叭口海拔高度 40.85 m，圖 2 為墾丁雷達站的地理位置說明圖。

德製 METEOR 1000S 型氣象雷達之掃描策略是可變的，由於作業化之需求，目前的掃描策略如圖 3 及圖 4 所示，為一全體積掃描，共掃 9 個不同仰角(如圖 3)，其中最低兩個仰角(0.5 及 1.4 度)利用長短波各掃一次，長波主要為回波觀測，其範圍可達近 500 公里，其波束方向解析度為 250 公尺；短波則主要為回波及徑向速度觀測，其範圍可達近 250 公里，其波束方向解析度為 125 公尺；以上之仰角均為短波，長短波之波束寬均為 1 度。另外因地形阻擋問題，在最低三個仰角觀測時，設計不同的方位角掃描策略(圖 4)，故在雷達站北邊低層會有觀測死角區。兩個全體積掃描之間隔約為 8 分鐘。目前之觀測原始資料會經由衛星傳輸，即時傳到位於台北市區的中央氣象局內，進行資料的處理應用與備份。其原始資料的格式為特有的德國雷達格式，為應用上的方便，在中央氣象局內會即時將其資料轉存為美國 WSR88D 雷達之資料格式。

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

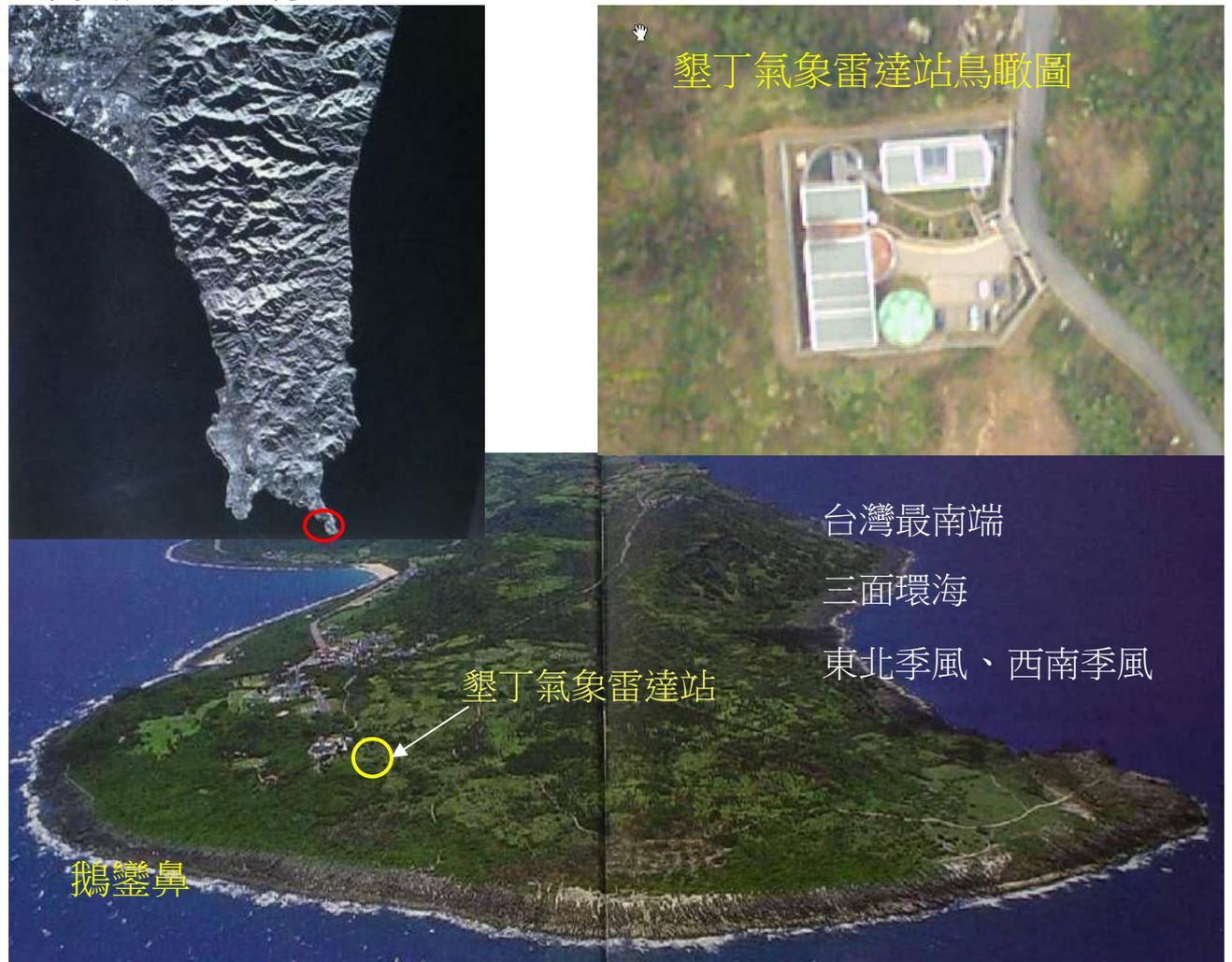


圖 2 墾丁氣象雷達站地理位置說明圖

(資料來源：本計畫)

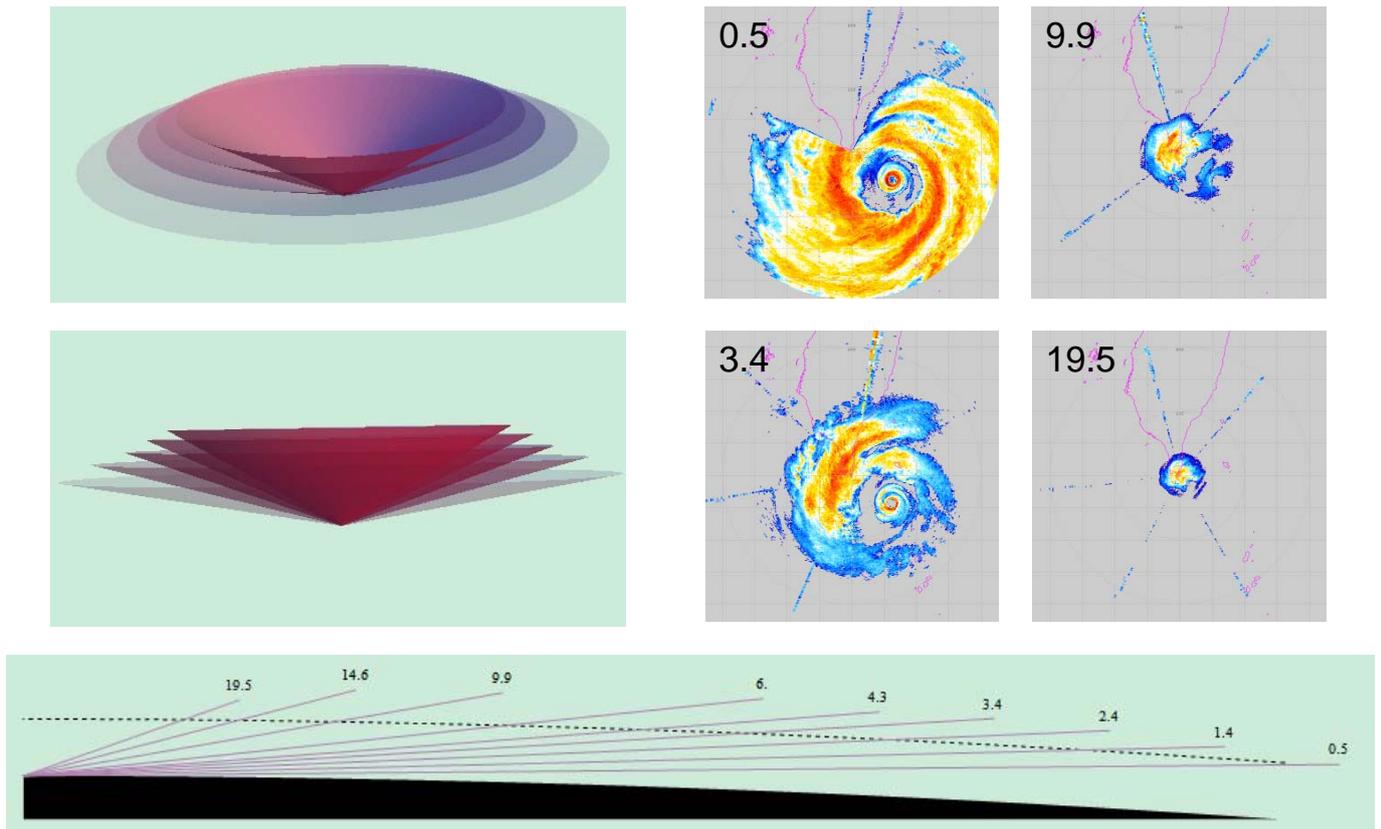


圖 3 墾丁雷達掃描策略示意圖(仰角)

(資料來源：中央氣象局)

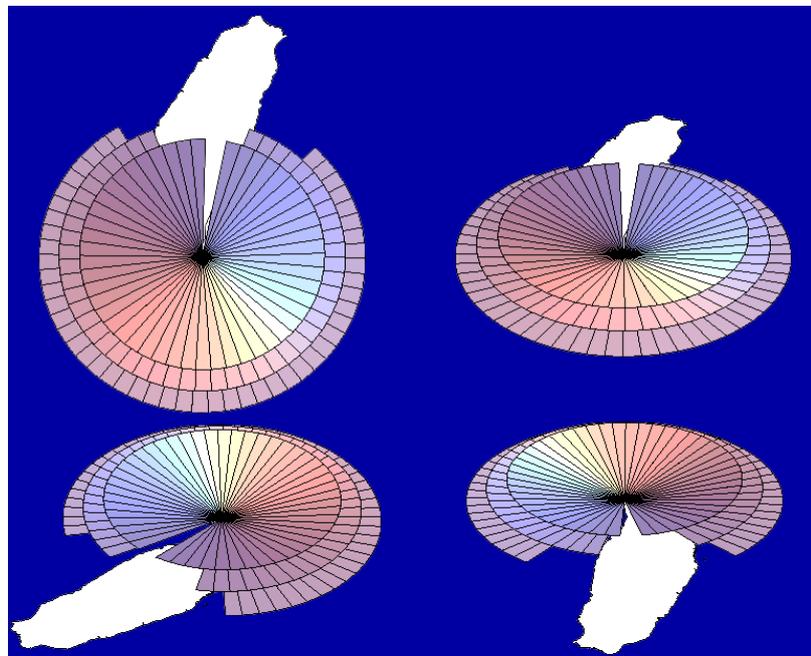


圖 4 墾丁雷達掃描策略示意圖(方位角)

(資料來源：中央氣象局)

### 第三節 全天空照相機簡介

全天空照相機(all sky camera)是一種在大氣、環工、天文等領域應用非常廣泛的儀器，全天空影像所求得的能見度、雲高、邊界層高度、高空極光等等影像，均是科學應用及工程設計上的優良工具。全天空照相機的設計原理如下圖所示，將電耦合原件相機結合魚眼鏡頭的功能將鏡頭所在的環繞影像攝入，攝入之影像以數位方式儲存，因此得以進一步處理並得到可用的資訊。本計畫中將使用下列兩種全天空照相機來進行雷達猛禽飛行路徑的驗證。

第一種為日本電信研究所與電信技術工坊公司所開發的 ASI(All Sky Imager)，此套系統具有水平 250 km，垂直 100km 的廣大觀測範圍，魚眼鏡頭可提供環繞 360 度的影像，並透過 CCD 相機存入 512 X 512 解析度的影像之中。目前在太空與天文的研究領域中被廣泛應用。

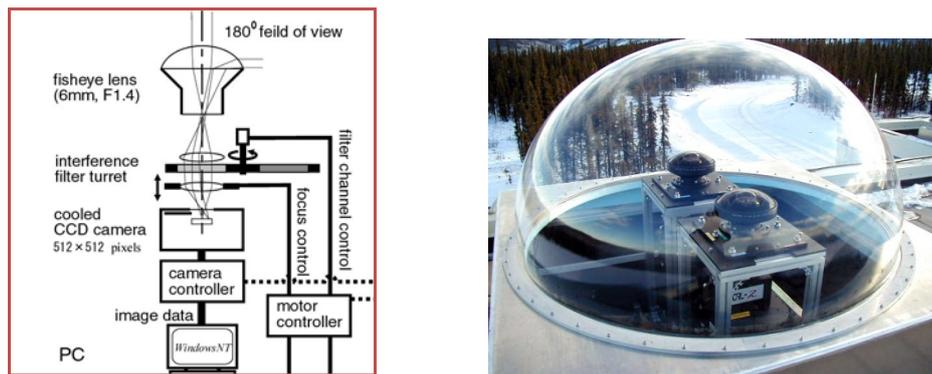


圖 5 CRL-ASI 之技術流程與外觀

(資料來源: <http://salmon.nict.go.jp/systemsum/imagers>)

本計畫使用中大全天空照相機是用於拍攝全天空資料以協助雷達資料辨識的照相儀器，使用二台 Nikon D90 的照相機所組成，鏡頭皆為使用魚眼鏡頭。中大全天空照相機的第一台鏡頭為 SIGMA 公司的 8mm f/4.0 EX Circular Fish-Eye 廣角鏡頭，這款球形魚眼鏡具有廣達 180 度的視野，並具有自動對焦功能，提供廣角光圈及較短最近對焦距離。



圖 6 SIGMA 8mm f/4.0 EX Circular Fish-Eye 鏡頭外觀

(資料來源：[http://www.sigma.net.tw/8\\_4.htm](http://www.sigma.net.tw/8_4.htm))

第二台為 Nikon 公司的 Fisheye-Nikkor 8mm f/2.8 鏡頭，此款標準圓形鏡頭提供 180 度的寬廣視角。此鏡頭與 ASI 所使用者相同，原來位於鹿林山進行高空影像拍攝研究，於觀測實驗期間移至恆春水泉國小。原來在此鏡頭下配置有兩顆相機鏡頭分別為 Nikon 100mm 與 135mm，但由於此配置之下所拍攝的焦距高達 10 公里以上，並無法配合猛禽辨識訊號所需之低空拍攝，因此將其拆下後配置於 Nikon D90 相機機身下進行觀測。

使用中大全天空照相機能將拍攝到的影像以數位方式儲存，即可進一步的處理分析為可用的資料，由於攝入的資料上下均會產生 90 度的死角，使全天空影像資料不夠完整，因此使用 2 台相機觀測，第一台相機底座方向朝向正東，第二台相機底座朝向正南，兩台相機距離約一公尺並方向垂直 90 度，將兩台相機影像資料交叉疊合即可得到完整全天空影像資料。



圖 7 Nikon 8mm f/2.8 Fisheye-Nikkor 鏡頭外觀

(資料來源：<http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/nikkoresources/fisheyes/8mmf28.htm>)

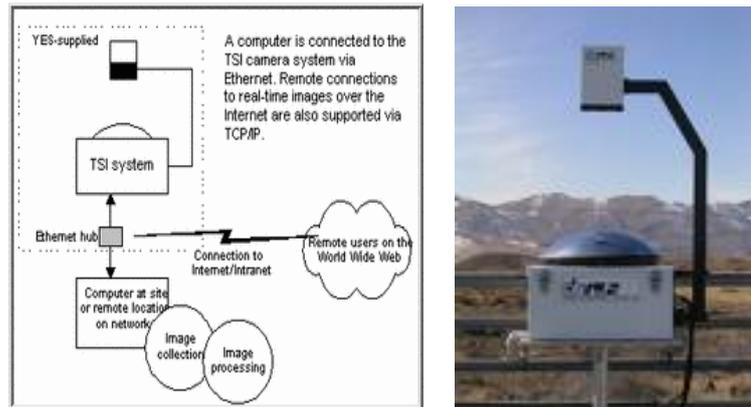


圖 8 TSI-880 之技術流程與外觀

(資料來源: <http://www.yesinc.com/products/data/tsi880/index.html>)

另一套則是由美國 Yankee Environmental System 公司所開發的全天空照相機(The Total Sky Imager Model TSI-880)是一套能提供自動化觀測日間全天空狀態的影像處理系統，並提供基本的展示介面，展示即時(real time)擷取的全彩之全天空影像。

TSI-880 內含一套 Linux 嵌入式準系統，並採用 MySQL DBMS 管理站台資訊、系統設定、網路設定以及影像管理。因為嵌入式準系統，內部儲存容量僅為 4GB，故需準備 On-site replication server 做為長期觀測資料庫備援機制。TSI-880 除能清晰紀錄日間全天空影像外，它更能在穩定的網路連線狀態下，在遠端隨時監控處理所擷取到影像，甚至可在遠端監控站台情況，隨時依現場情形對 TSI-880 的系統，CCD 鏡頭做最適當的調整；利用此項特點，除了可以節省傳統監測儀器所需的長期駐點人力、以及減低因人工觀測造成的主觀上的差異外，同時更大大提昇研究人員即時分析數據的能力，並據以協助訂定觀測策略，更可即時調整觀測策略，同時增加整體觀測效率與觀測準確度。

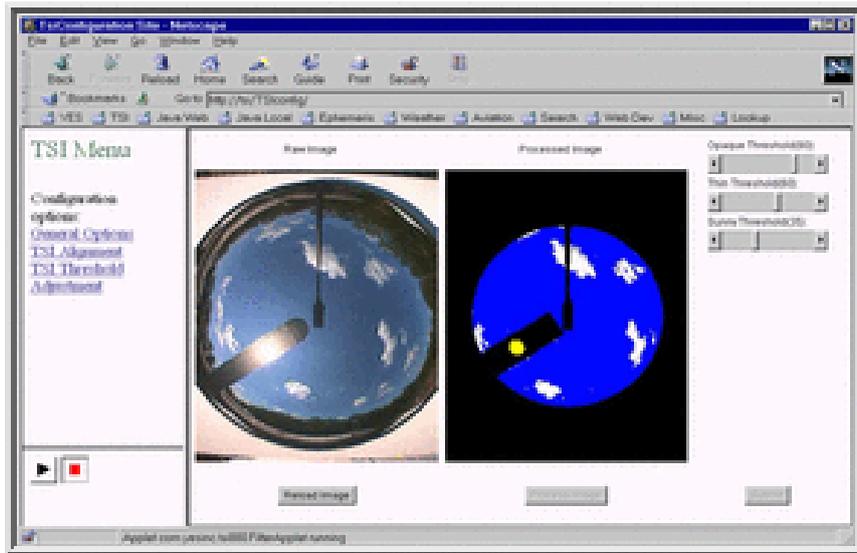


圖 9 TSI-880 即時影像

(資料來源：<http://www.yesinc.com/products/data/tsi880/index.html>)

全天空照相機經過架設測試之後，9月2日正式開始觀測，每日觀測時間為凌晨5點半至中午12點整，依據每日社頂人工觀測回報猛禽過境時間，予以調整觀測結束時間，觀測期間如遇下雨則暫停觀測直到天氣情況得以順利進行觀測為止。由於氣象雷達約每八分鐘可產出1筆雷達回波影像，為了以利進行雷達猛禽回波判讀，中大全天空照相機每小時拍攝間隔為先八分鐘再七分鐘，所以拍攝時間點均為整點的00分、08分、15分、23分、30分、38分、45分、53分。

由長榮大學團隊配合墾丁國家公園管理處年度的實地調查計畫，觀測地點於社頂自然公園的凌霄亭，社頂人工觀測使用 Nikon D100 照相機，鏡頭為 10.5mm f/2.8 自動對焦魚眼鏡頭。



圖 10 Nikon 10.5mm f/2.8 AF DX Fisheye-Nikkor 鏡頭外觀

(資料來源：[http://www.coolpix.com.tw/shop/shop\\_cam\\_detail.php?classA=DX&Shop\\_Cam\\_ID=8#8](http://www.coolpix.com.tw/shop/shop_cam_detail.php?classA=DX&Shop_Cam_ID=8#8))

依據調查資料發現，墾丁地區秋季猛禽遷徙出境的路徑以自恆春半島向南遷移但偏東半部的範圍出海(劉小如，1991)，因此為了取得正確猛禽遷徙驗證資料，相機擺設為鏡頭朝向東南方 130 度，距離地面高度約 2 公尺並且攝像畫面高於海平面。



圖 11 社頂人工觀測所得之影像

(資料來源：本計畫)

相機經過實地架設與測試後，9 月 2 日開始正式建立社頂猛禽觀測資料，每日觀測時間為凌晨 5 點半至中午 12 點整，依據每日猛禽過境時間調整結束觀測時間，觀測期間如遇下雨則暫停觀測直到天氣情況得以順利進行觀測為止。配合氣象雷達回波資料，每小時的拍攝間隔為八分鐘再七分鐘，所以拍攝時間點均為整點的 00 分、08 分、15 分、23 分、30 分、38 分、45 分、53 分，若當日遇大量猛禽過境時刻，則即刻拍攝記錄，以進行猛禽過境資料蒐集。

社頂人工觀測人力配置為一位觀測人員，工作內容有每日定時拍攝全空觀測

影像、紀錄當日的天氣情況、過境猛禽數量回報、蒐集猛禽過境資料、資料命名上傳與異地備援等工作。

#### 第四節 工作方法與系統建置

「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」架構如下：



圖 12 墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫

(資料來源：本計畫)

架構分成三大系統，第一部份為猛禽實地觀測資料遷徙系統，由長榮大學配合墾丁國家公園管理處年度的實地調查計畫，負責建立實地猛禽觀測資料傳輸進入展示系統與資料庫之流程。第二部份為雷達資料庫與雷達回波過濾系統資料整合系統，由長榮大學與中央氣象局配合，建立猛禽遷徙期間，中央氣象局雷達資料傳輸至系統資料庫之流程。並搭配第一部份的資料，進行回波判讀之整合與測試。第三部份則是全天空相機觀測系統與 GPS 定位系統的驗證，由中央大學負責。此部份工作在於建立經 GPS 定位後之全天空影像與雷達回波之校驗。

以下就「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」的組成與架構進行說明，共分成(1).雷達資料庫之傳輸與資料庫之建立(2).雷達降水回波與地形回波過濾系統之建立(3).猛禽回波判讀系統之建立(4).猛禽遷徙與資訊展示系統平台之建立(5).資料流(6).展示系統。

##### (1) 雷達資料庫之傳輸與資料庫之建立

中央氣象局於民國 90 年底完成位於台灣本島五分山、花蓮、七股及墾丁四

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

個都卜勒雷達站的氣象雷達觀測網(圖 13)，雷達之密度為全世界最高。其觀測範圍包括整個台灣地區及其鄰近海域，原本的用意是監測颱風、豪雨等劇烈天氣系統，提供即時且大範圍定量降雨資訊的潛勢。而中央氣象局、經濟部水利署及美國劇烈風暴實驗室(National Severe Storm Laboratory; NSSL)於 2002 年起開發多重觀測工具之定量降雨估計與分類技術(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors; QPESUMS)，有效利用雷達、衛星及雨量計等觀測資料以準確估計降雨型態及降雨強度，並透過分析技術的開發，以雷達定量降水技術與後端的產品顯示為發展目標，提昇對於劇烈或突變天氣發生之監測、分析與預警能力。

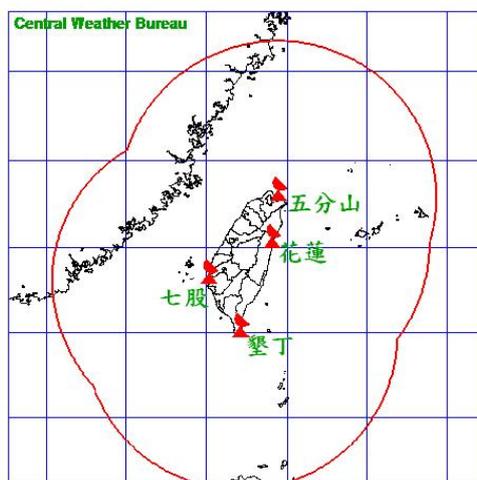


圖 13 台灣擁有全世界最密集之氣象雷達網絡

(資料來源：中央氣象局)

對於「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」而言，類似 QPESUMS 的資料極為珍貴，因為猛禽的偵測回波資料即內含在其中。但是資料的取捨及用法與氣象局注重與設定的剛好相反。因此本系統必須建立雷達的原始資料庫，並且要開發新的應用模組，來對應猛禽回波的取得。

因此這個資料庫系統之建立包含了硬體設備及軟體工程，硬體為資料庫伺服器以及資料備份系統，軟體工程則包含類似 QPESUMS 系統架置、傳輸伺服器(ftp server)系統架置、資料庫(database)程式寫作等。此資料庫建立後，將提供基本之氣象雷達產品，包含回波值、徑向風場等相關資訊，並以網頁形式進行圖形化產

品顯示。

## (2) 雷達降水回波與地形回波過濾系統之建立

氣象雷達主要的任務在於改善地面降雨觀測不足，以及提供即時降雨訊息最有效的方法。傳統上雷達回波觀測常因地形(地面)雜波、地形阻擋效應(blocking)以及大氣環境而影響其觀測品質，因此需經過雷達資料品質控管解決上述之問題。

就雷達資料而言，在實際觀測作業中，氣象雷達除了接收真實的天氣的訊號外，也經常包含非天氣現象的干擾訊號。這些雷達雜波的干擾，除了影響觀測與預報人員對天氣系統的詮釋與判斷外，對於下游應用產品的影響更是深遠。但是對鳥類的活動而言，這些對氣象人員無效的資料，卻是猛禽活動的依據。因此，為能確保雷達資料中存在猛禽活動的確實性，必需建立相當完整的雷達資料品質控制程序，才能發揮雷達在猛禽活動監測上的最大功能。因此這個部份的工作主要是軟體工程，在於建立猛禽特有的濾波系統，在雷達資料進入資料庫之後，需先濾除地形(地面)雜波以及地形阻擋效應。接著要以時間與空間分佈的特性將降水回波濾除，接著再將完成資料品質控制處理後的資料，存入資料庫系統中。硬體部分則須建置計算伺服器。

## (3) 猛禽回波判讀系統之建立

經過完整的雷達資料品質控制程序後，雷達回波的產品得到一個初步代表猛禽回波的數據資料。但是要判定實際是否為遷徙猛禽，必須透過過去的地面調查與歷史回波資料所得之經驗值來進行校對，然後再經過實際現場調查之資料，才能將猛禽回波作最終之判定。因此在這個部份，現場調查就佔有重要的角色。將現場調查的資訊適時傳輸進入判讀系統中，以發揮判讀系統的最大功效。因此這個部分分成兩個步驟：a.全部人工現場調查，這種模式可透過手機式通訊介面，將現場調查之結果置入判讀系統中。b.設置數位式全天空照相機，可將全天空之畫面以數據之方式進行即時傳輸，可節省人力資源。

然而全天空照相機之設置運用在猛禽遷徙的研究屬全球首例，為避免硬體投資的風險，本計畫團隊擁有中央大學太空科學研究所的 GPS 實驗室之數位全天

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

空照相機一座，並有 GPS 數位照相機組，可以先進行研究與測試。對於墾丁國家公園而言，這樣的系統建置過程可以有相當高的保障，並擁有中央大學研究團隊的全力支持。

因此這個部份的工作主要分為：a.軟體工程，建立地面調查即時傳輸介面，以及資料融入回波判讀系統之中的程式，b.硬體工程，判讀系統伺服器之建置。若能以全天空照相機方式來進行，則另需架置全天空照相機以及相關環境工程。



圖 14 全天空照相機所得之影像及儀器外觀

(資料來源: <http://www.vesinc.com/products/data/tsi880/index.html>)

目前全天空照相機預計設置之地點如圖 15 所示，TSI 預計放置於民航局恆春航空輔航站，ASI 則是放置於水泉國小。此兩個地點所求得之全天空影像將與雷達觀測範圍有頗大的相互重疊區域，因此在藉由 GPS 進行空間定位之後，以地理經緯度為比對標準，進行回波系統與校驗影像資訊之整合。



圖 15 全天空照相機設置地點與觀測範圍示意圖

(資料來源：本計畫)

#### (4) 猛禽遷徙與資訊展示系統平台之建立

「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」最獨特的部份在於其為一個整合性良好，動態操作簡便，而且平台國際化的展示系統。包含資料庫的建立及實際觀測數據的記錄、分析軟體產生出來的數據、網頁動態進入資料庫進行資料篩選、網頁將篩選後的結果進行畫面呈現，甚至實際數據的記錄(包含實際座標、候鳥數量及時間、照片上傳)，即時預報功能(網頁即時呈現警告訊息、傳送簡訊到相關人員的手機電信業者費用)等功能。並將猛禽遷徙之路徑藉由 Google Earth 的平台進行畫面呈現。

TSI-880 採用 MySQL DBMS (Database Management System) 做為處理觀測影像的資料庫機制。依 PC Magazine 在 2002 年針對市面上多種 DBMS 所做的 BenchMark 顯示，如下圖 16：

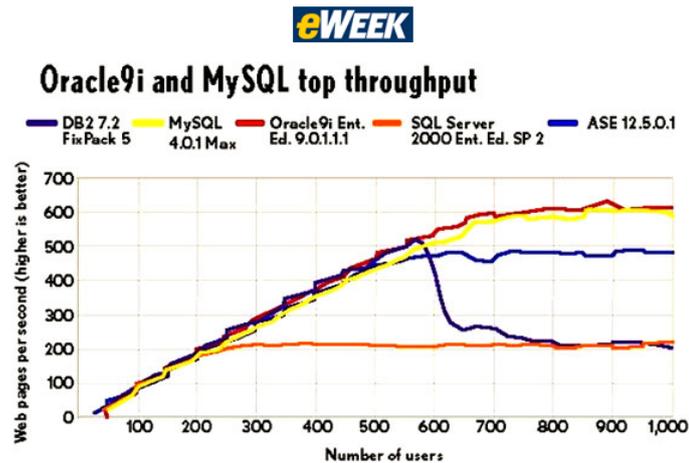


圖 16 DBMS 在各種系統之驗證

(資料來源：PC Magazine 2002)

Oracle 與 MySQL 在處理大量資料的穩定度與效能表現上均遙遙領先其他 DBMS，如若考量執行預算，則 MySQL DBMS 則必定是採用的首選。故在本次專案中，除了 TSI-880 內建的 MySQL DBMS 外，本計畫團隊也將採用 MySQL DBMS 做為本專案之主要資料庫系統，藉以同化所有的異質資料並統整、管理及分析數據資料與影像資料。利用 MySQL 的 Replication Mechanism，可以將設在遠端站台的資料，在網路正常的狀況下傳回研究處所與研究人員與管理人員。Replication Mechanism 結構圖如下圖，此種 Replication Mechanism 在預算許可的情形下，可以建構 High Availability 和 Scalability 的 MySQL Cluster 以應付大量的影像、雷達及人工照片資料(地面觀測人員拍攝具有輔助判別地理位置之照片)，並提供在網頁上的存取機制，本團隊在 MySQL 資料庫部分的資歷 --CMDEV、CMDDBA：

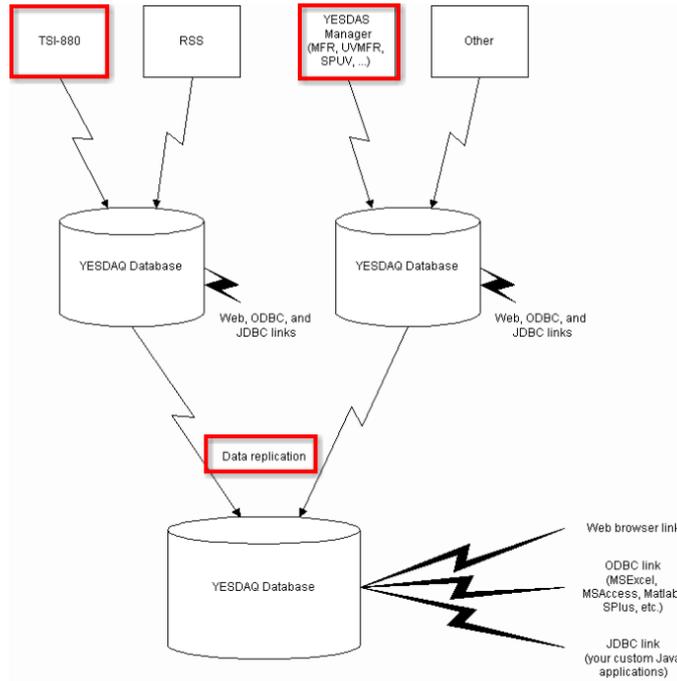


圖 17 本團隊之 DBMS 設計

(資料來源：本計畫)

### (5) 資料流

依照 MySQL 的 Replication Mechanism，本次 TSI-880 與 UHF 雷達資料之資料流架構如下：

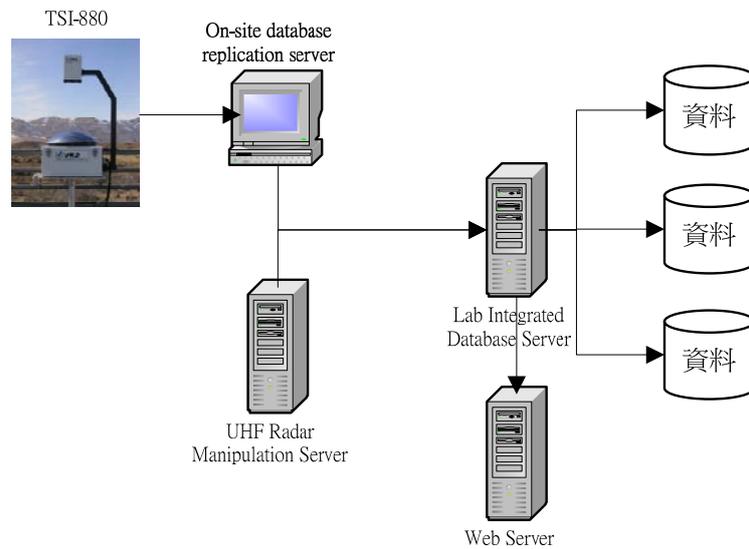


圖 18 本團隊之資料流結構設計

(資料來源：本計畫)

- a. 雖然 TSI-880 本身已有內建 MySQL 儲存管理擷取到的影像資料，但為避免跨網段網路的連線問題以及 TSI-880 內存容量太小的問題，所以仍在 TSI-880 設站地點旁建置 On-site database replication server 作為主要的管理 Server。
- b. 計畫執行期間，在長榮大學環境資訊研究中心建置 Lab Integrated Database Server 以做為統整、管理與分析 TSI-880 的影像資料與 UHF 雷達資料的中心系統，而所有的 TSI-880 的影像資料與 UHF 雷達資料均會排程透過 Internet 傳回中心系統。
- c. 計畫執行期間，在長榮大學環境資訊研究中心建置 Web Server 做為所有影像資料、UHF 雷達資料及分析結果的展示平台。
- d. 所有人工觀測的影像資料，如地面觀測人員拍攝具有輔助判別地理位置之照片，也可透過 ftp 傳回中心系統。
- e. 所有傳回中心系統的資料儲存在中心系統的硬碟外，也會定期備份於光碟中，以為資料備援及資料共享之用。

## (6) 展示系統

「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」最獨特的部份在於一個整合性良好，動態操作簡便，而且平台國際化的展示系統。包含資料庫的建立及實際觀測數據的記錄、分析軟體產生出來的數據、網頁動態進入資料庫進行資料篩選、網頁將篩選後的結果進行畫面呈現，甚至實際數據的記錄(包含實際座標、候鳥數量及時間、照片上傳)，即時預報功能(網頁即時呈現警告訊息、傳送簡訊到相關人員的手機、電信業者費用)等功能。並將猛禽遷徙之路徑藉由 Google Earth 的平台進行畫面呈現。



圖 19 Google earth 線上展示平台，猛禽遷徙路徑平視圖  
(資料來源：本計畫)



圖 20 Google earth 線上展示平台，猛禽遷徙路徑屆時如圖中黃色線條一般標示  
(資料來源：本計畫)

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

本計畫之整體架構圖如下：

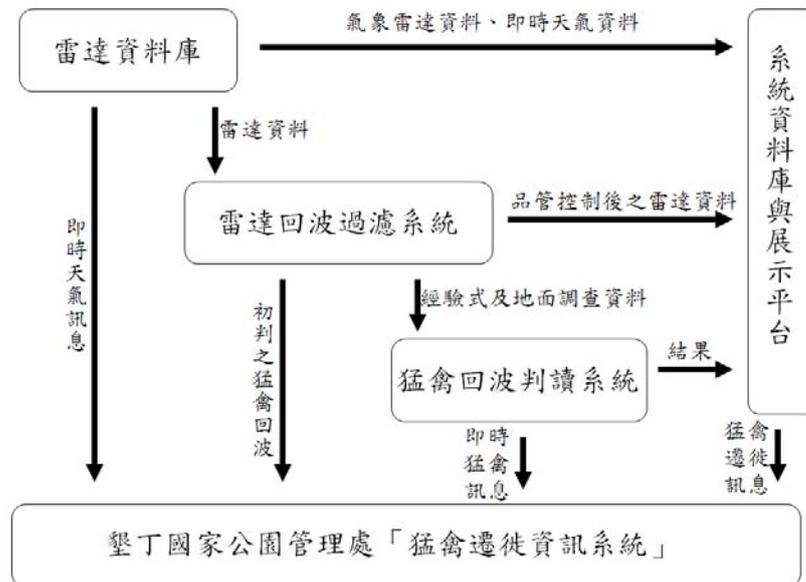


圖 21 計畫整體架構圖

(資料來源：本計畫)

「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統」的工作內容主要分成硬體建設及軟體設計(包含展示平台網站)，基於系統建置之特性，並使此資訊系統能夠永續發展，工作內容之設計流程以猛禽過境的時間為主要的查核點。由於雷達回波之猛禽辨識系統建立需要累積統計經驗值，因此將系統建置工作分成三年進行；為使建置工作能順利進行，並在最短時間內呈現系統的特性，工作內容調配簡述如下：

第一年(2009)：軟、硬體建置，展示系統完成，雷達回波過濾系統及猛禽回波判讀系統建置。長榮大學負責系統建置，中央氣象局提供氣象雷達資料，中央大學團隊提供全天空照相機設備及相關影像解讀技術，配合墾管處年度之猛禽遷徙調查蒐集數據。

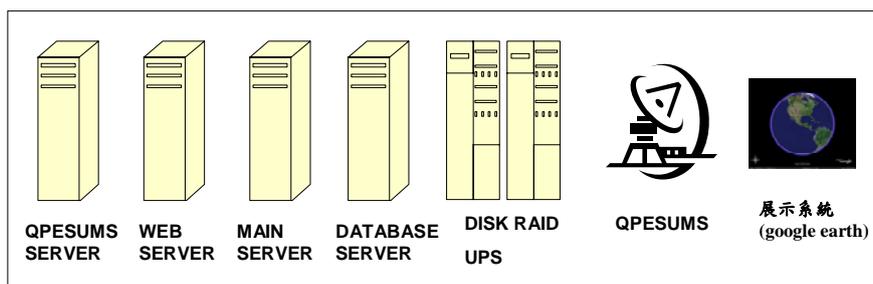


圖 22 第一年計畫示意圖

(資料來源：本計畫)

第二年(2010)：系統完成架構，系統測試(春、秋兩季)。由長榮大學結合墾管處的人工觀測、中央大學的全天空照相以及 GPS 資料，進行猛禽回波判讀系統資料庫之建立。



圖 23 第二年計畫示意圖

(資料來源：本計畫)

第三年(2011)：路徑展示系統建立，利用前兩年完成之判讀資料庫，進行路徑展示，整體系統完成。



圖 24 第三年計畫示意圖

(資料來源：本計畫)

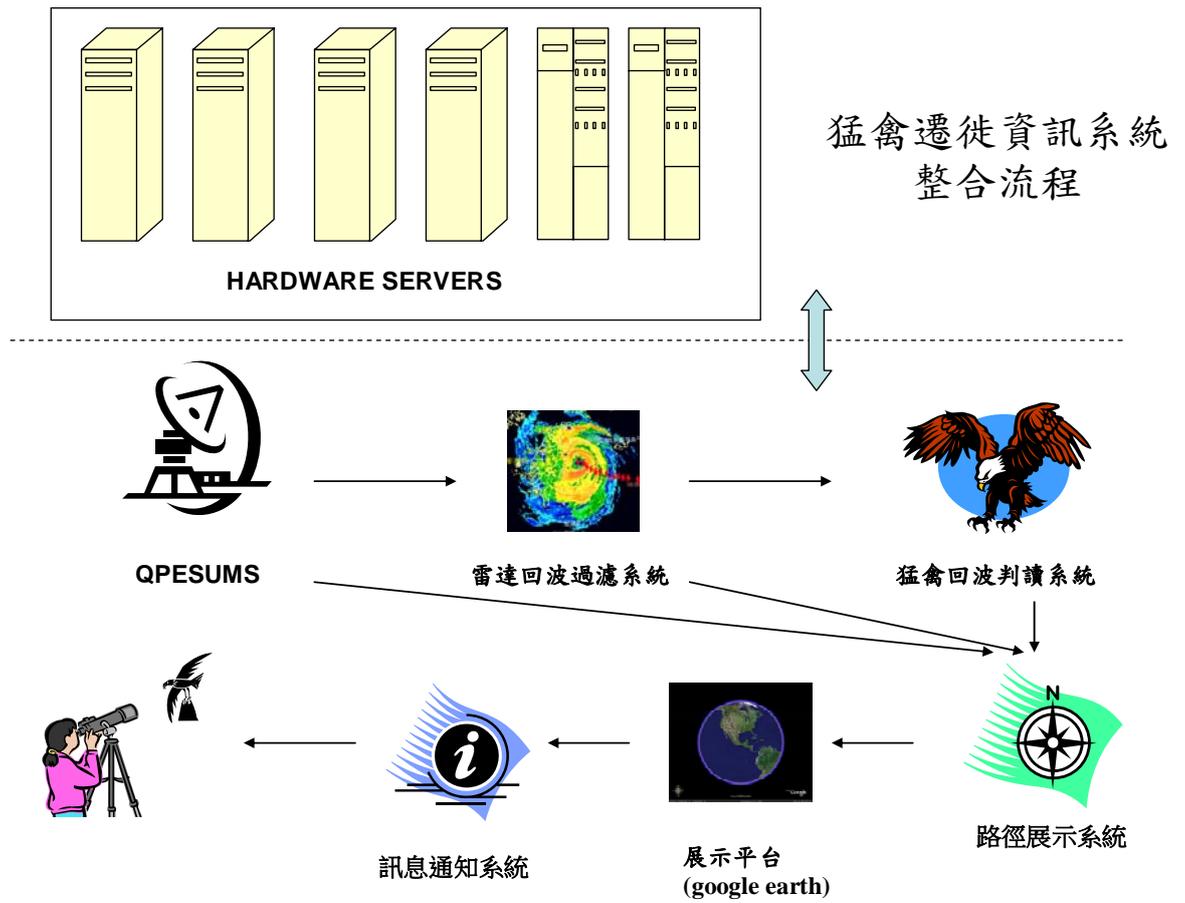


圖 25 猛禽遷徙資訊系統整合流程

(資料來源：本計畫)

## 第三章 結果與分析

### 第一節 回波辨識判讀系統發展

本計畫所利用的觀測儀器包含氣象雷達、全天空照相機 TSI-880，中大全天空照相機魚眼鏡頭 8mm 等兩部，觀測資料則會包含猛禽研究協會所進行的人工地面調查，在猛禽的辨識系統發展概念上，以下圖 26 表示，以雷達 0.5 及 1.4 兩個接近地面的掃描角度當作基底訊號，訊號來源分成三類：1.雲的訊號，2.海面雜訊(sea clutter)，3.其他訊號。

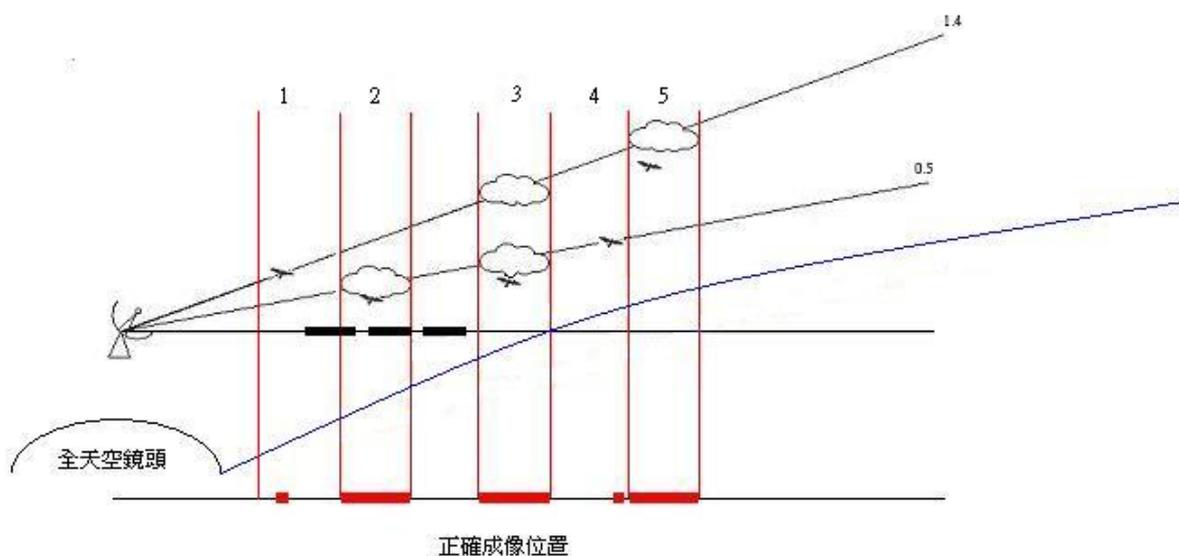


圖 26 猛禽的辨識系統發展概念

(資料來源：本計畫)

如上圖所示，為一張全天空照相機與氣象雷達配合的示意圖，由全天空照相機所延伸出去的曲線為其拍攝的範圍，而從雷達所延伸出去的斜直線為其掃描角度 0.5 度與 1.4 度，區塊 1~5 的正確成像位置在紅色粗底線，黑色粗底線為區塊 2、3、5 在全天空影像中的成像位置。由於全天空影像解析度低所以在上圖的區塊 1 與區塊 4 在全天空影像中找不到而區塊 2、3、5 分別成像在黑色粗底線，所以必須搭配雷達圖來進行比對找出我們要的訊號，也就是區塊 1 與區塊 4 的地方。

在本計畫中，利用全天空攝影所得之影像可得到雲的訊號，亦可藉由晴空與雲的分佈，辨識出海浪雜訊，因此將天空的狀況藉由雷達與全天空影像的比對後，可扣除雷達回波中雲與海面雜訊的訊號，剩餘的部分即可視為猛禽在雷達影像中的訊號，由表 1 中可知天空狀況有雲及猛禽時在雷達影像與全天空影像可能產生的配置，在雷達回波中，可有下列的狀況：

表 1 雷達與全天空影像訊號比對表

天空狀況 雷達仰角	有雲	晴空	有猛禽	無猛禽
0.5	◎		◎	
0.5	◎			◎
0.5		◎	◎	
0.5		◎		◎
1.4	◎		◎	
1.4	◎			◎
1.4		◎	◎	
1.4		◎		◎

註：◎於雷達回波有訊號反應之狀況

(資料來源：本計畫)

本計畫基於上列之條件進行猛禽訊號模式之建立

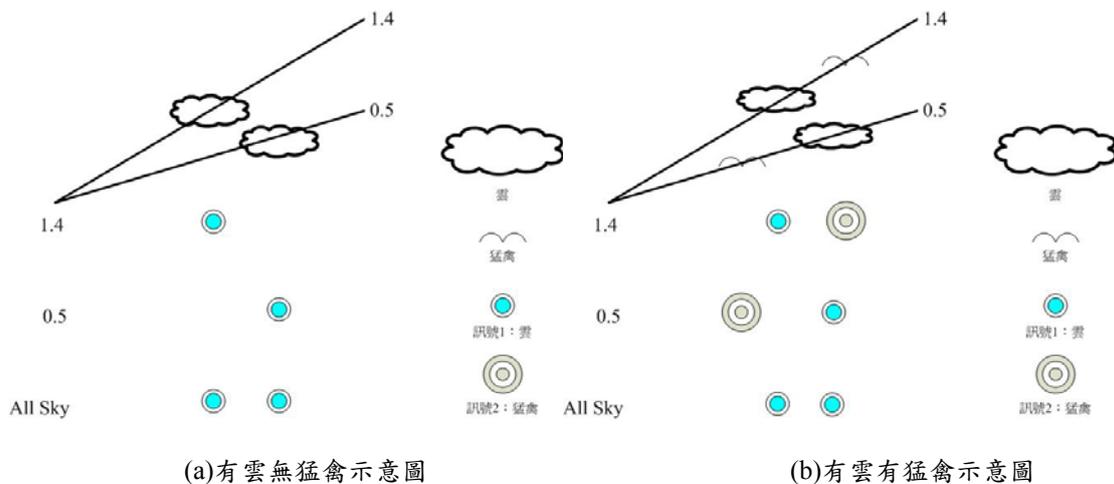


圖 27 (a)有雲無猛禽，(b)有雲有猛禽示意圖

(資料來源：本計畫)

$$\text{公式 1: } TSI - (\text{radar1.4} \cup \text{radar0.5} \cap TSI)$$

雷達回波 1.4 跟雷達回波 0.5 聯集再跟全天空影像交集，即為雲的訊號。全天空扣除雲的訊號，即可把雲的訊號扣除。

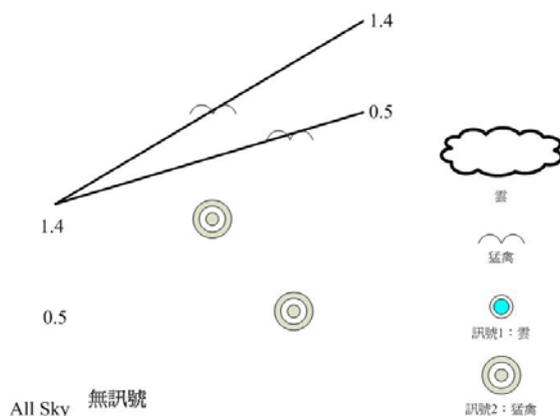


圖 28 無雲有猛禽示意圖

(資料來源：本計畫)

$$\text{公式 2: } \text{radar1.4} \cup \text{radar0.5} - (\text{radar1.4} \cup \text{radar0.5} \cap TSI)$$

雷達回波 1.4 跟雷達回波 0.5 聯集再跟全天空影像交集，即為雲的訊號。雷達回波圖扣除雲的訊號，即為猛禽訊號。

本計畫從 4 月份開始執行，經過架設測試之後，全天空照相機由 4 月 7 日開始觀測。第一個星期(4/7-4/14)進行各項測試，包含攝像、儲存、傳輸、遠端控制等工作，因此將全天空影像擷取的時間間隔設成 60 秒，擷取時段由日出開始到日落結束。測試運作相當順利，因此接下來從 4/15~5/19 日就將影像擷取的時間間隔設成 20 秒，正式進行全天空的觀測。由於 4 月已過了灰面鵟鷹北返的高鋒期，因此本計畫春季在驗證過程只能針對 4 月北返的赤腹鷹來進行。總計 98 年春季觀測期間共有 3500 張的全天空影像。而秋季觀測則從 9 月份開始到十月底結束，期間 TSI-880 在 9 月份因系統故障，而由中大全天空相機替代，也正好由此驗證兩套全天空系統在本計畫中的效能，10 月份起則回復由 TSI-880 進行觀測。所有的全天空拍攝資料清冊，如附錄 E 所示。

氣象雷達的資料也同步進行蒐集，從全天空照相機開始觀測以來，將全台 4 部氣象雷達的資料經過中央氣象局的整合與資料驗證後，透過網路傳送到計畫專屬的伺服器中。由於猛禽飛行的高度在雷達掃描的過程只有在 0.5 的角度能辨識，而雷達掃描的主要目標-雲-則會在垂直方向有較多層的回波，因此在判別過

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

程中，本計畫繪製了 0.5 與 1.4 兩個掃描角度的回波圖，以進行比對驗證的工作。

在本年度的計畫中為了配合墾丁地區地面觀測人員的人工觀測，因此採用之雷達為可涵括墾丁及恆春地區的七股氣象雷達與墾丁氣象雷達，約每小時可產出 8 筆雷達回波影像，提供猛禽回波的辨識功能。所有的雷達資料清冊，如附錄 D 所示。

本計畫目前對於雷達回波之辨識測試流程如下：

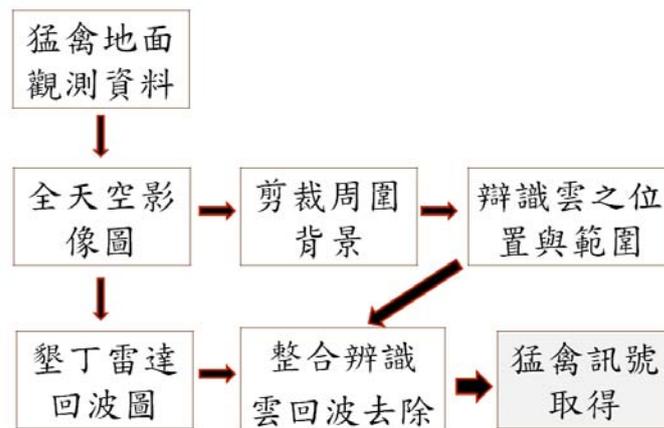


圖 29 雷達回波之辨識測試流程

(資料來源：本計畫)

全天空影像之處理首先將全天空影像之固定背景如圍牆，樹木等進行辨識裁剪，其效果如下圖 30 所示：

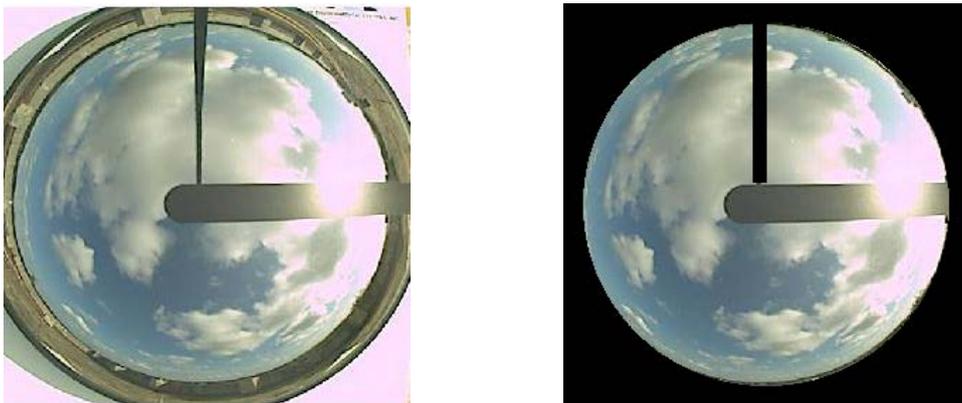


圖 30 全天空影像裁剪前後之顯示。左圖為原圖，右圖為裁剪之結果  
(資料來源：本計畫)

經過初步的裁剪處理流程，接下來進行雲與天空之辨識分離，此階段採用將

RGB 的影像轉換成 HSV 與 YIQ 的方式呈現，利用大量的圖像來進行辨識訓練過程，最後取得分離雲與天空的閾值。完整的處理流程與成果範例如下：

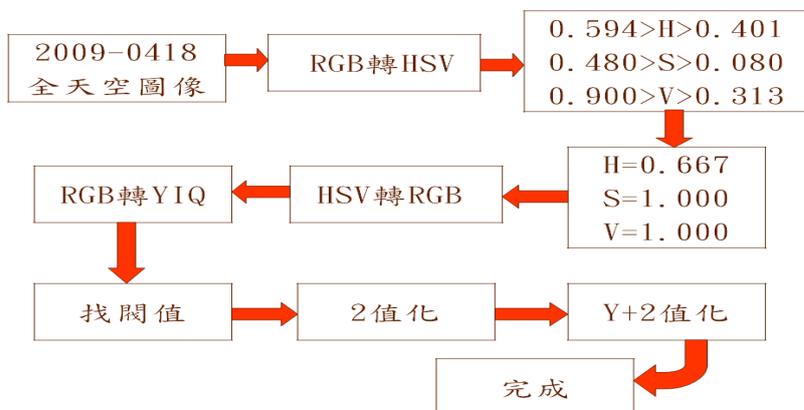


圖 31 全天空影像處理流程

(資料來源：本計畫)

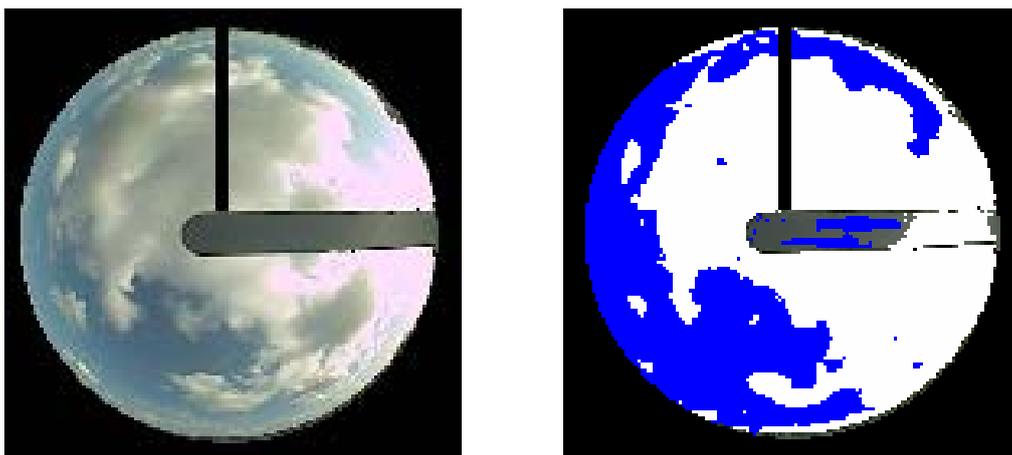


圖 32 全天空影像雲辨識前後之顯示。左圖為原圖，右圖為辨識之結果  
(資料來源：本計畫)

完整之影像處理架構與方法如下所示：

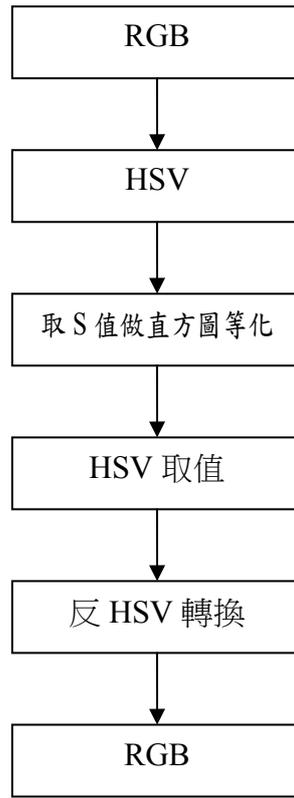


圖 33 全天空影像流程圖

(資料來源：本計畫)

## HSV 處理

以原始圖片進行 HSV 處理，分別取出 H(色調)、S 值(飽和度)、V(明亮度)利於之後所要進行的處理，其轉換公式如下：

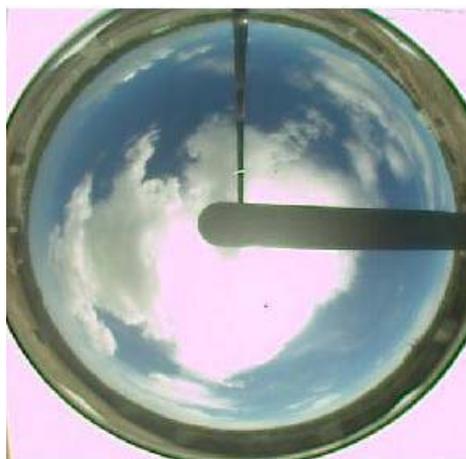
$$h = \begin{cases} \left( 6 + \frac{G - B}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, & R = \max \\ \left( 2 + \frac{B - R}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, & G = \max \\ \left( 4 + \frac{R - G}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, & B = \max \end{cases}$$

$$s = \frac{\max - \min}{\max}$$

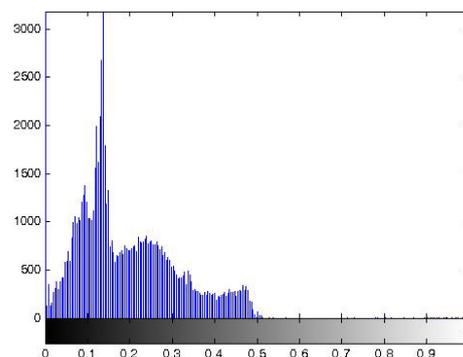
$$v = \max$$

## 直方圖等化

將  $s$  值取出來做直方圖等化，會使的藍天部分的顏色更明顯，也方便之後做取值的處理：



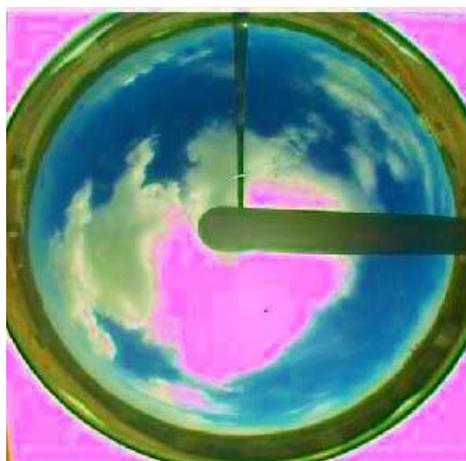
(a)原始影像



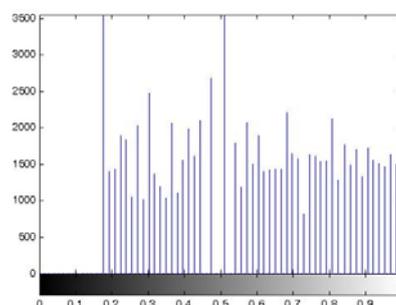
(b)未等化直方圖

圖 34 (a)原始影像，(b)未等化直方圖

(資料來源：本計畫)



(a)等化後影像



(b)等化後直方圖

圖 35 (a)等化後影像，(b)等化後直方圖

(資料來源：本計畫)

## HSV 取值處理

等化後的影像，藍天部分相對的比原始影像來的明顯，所以把它進行 HSV 處理後，分別取出  $h$ (色調)、 $s$ (飽和度)、 $v$ (明亮度)的值，然後再利用大量的圖像進行統計訓練，將個別的參數值找出來。

## 反 HSV 轉換

由所找出的 h、s、v 值，再把它反轉回 RGB 格式就可以把藍天白雲分辨出來，HSV 反轉 RGB 公式如下：

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor$$

$$f = \frac{H}{60} - H_i$$

$$p = V(1 - S)$$

$$q = V(1 - fS)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S)$$

$$H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p$$

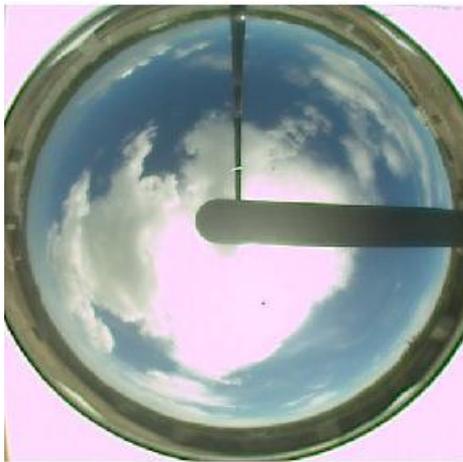
$$H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p$$

$$H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t$$

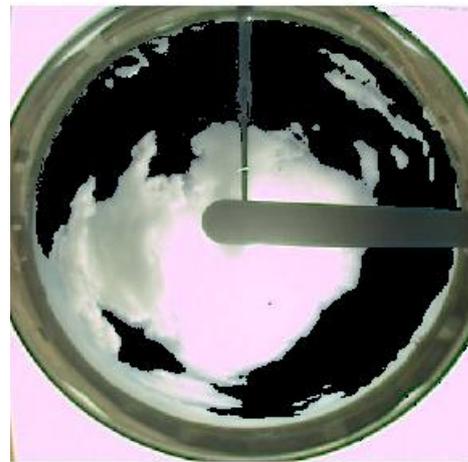
$$H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = V$$

$$H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = V$$

$$H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q$$



(a)原始影像



(b)處理完影像

圖 36 (a)原始影像，(b)處理完影像

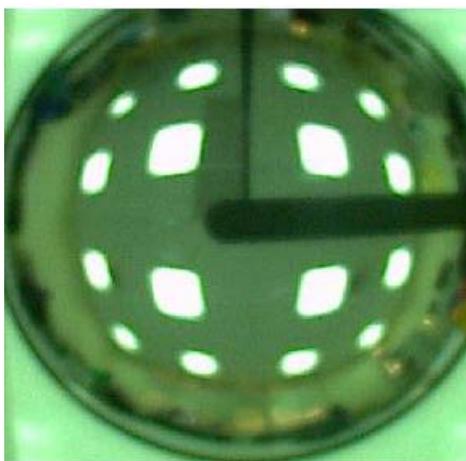
(資料來源：本計畫)

## 魚眼處理

圖片因為是由魚眼鏡頭所拍攝，所以我們經下列公式運算將圖反轉回去，公式如下：

$$x = \frac{rX}{\sqrt{D^2 + X^2 + Y^2}}$$
$$y = \frac{rY}{\sqrt{D^2 + X^2 + Y^2}}$$

經由統計後知道當  $r=130$  的時候，影像還原為最佳， $r$  的值也是根據人工魚眼變形所統計的方法去找出。



(a)原始影像



(b)r=130 之校正圖

圖 37 (a)原始影像，(b)r=130 之校正圖

(資料來源：本計畫)

### 人工魚眼影像處理

分辨晴空與雲的訊號

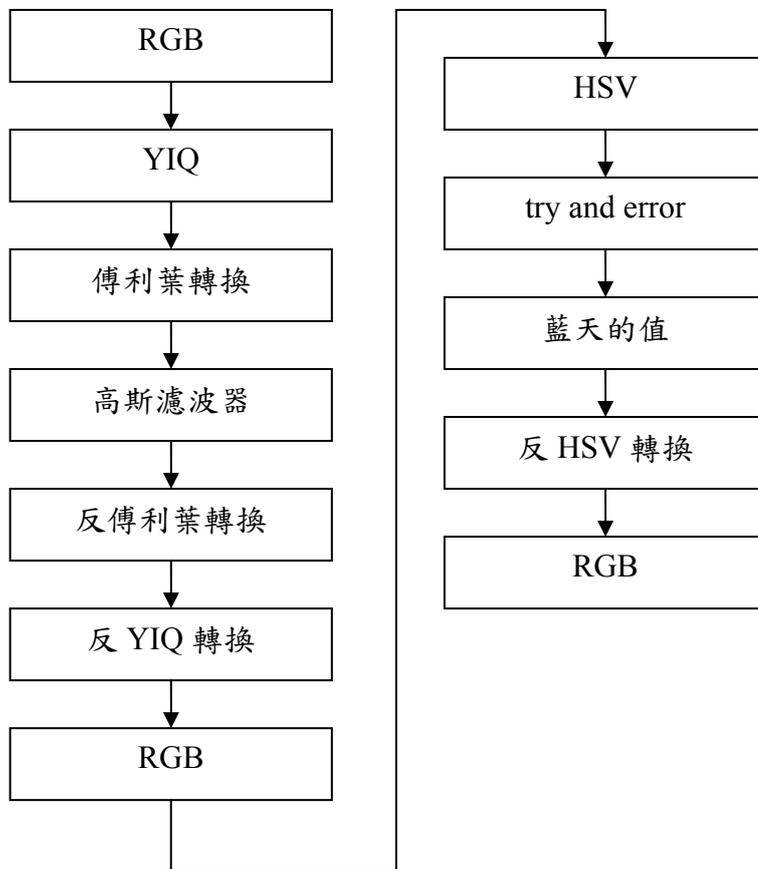


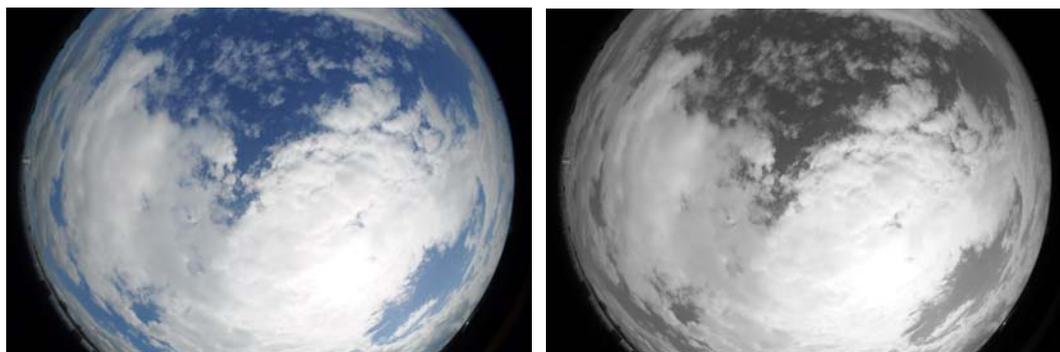
圖 38 人工魚眼影像處理流程圖

(資料來源：本計畫)

## YIQ 處理

照片的影像格式為 RGB，為了後面的處理，所以將影像做了 YIQ 處理，並取出 Y 值也就是灰階影像，RGB 轉 YIQ 公式如下：

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



(a)原始影像

(b)灰階影像

圖 39 (a)原始影像，(b)灰階影像

(資料來源：本計畫)

## 高斯濾波器及傅利葉轉換

把灰階圖進行高斯濾波器之後再做傅立葉轉換後，產生雲的輪廓，再將它反轉回灰階圖，此時的灰階圖就會有雲的輪廓，公式如下：

高斯濾波器公式：

$$f(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

傅利葉轉換及反轉換公式：

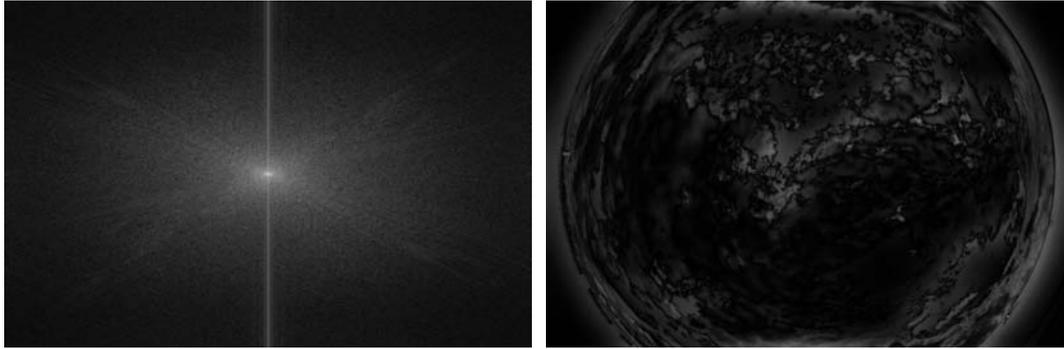
$$F\{f(x)\} = F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j2\pi ux} dx$$

$$F^{-1}\{F(u)\} = f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{j2\pi ux} dx$$

平移公式：

$$f(x, y)e^{[j2\pi(u_0x+v_0y)/N]} \leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0)$$

$$f(x - x_0, y - y_0) \leftrightarrow F(u, v)e^{[-j2\pi(ux_0+vy_0)/N]}$$



(a)傅立葉轉換後影像

(b)高斯濾波及反轉換影像

圖 40 (a)傅立葉轉換後影像，(b)高斯濾波及反轉換影像

(資料來源：本計畫)

## 反 YIQ 處理

處理完後的 Y 值灰階圖，再以反轉換公式轉回圖片原本的 RGB 格式，YIQ 反轉 RGB 公式如下：

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

## HSV 處理

取完輪廓過後的圖片，進行 HSV 處理，然後分別取出 H(色調)、S 值(飽和度)、V(明亮度)，方便之後的處理，其轉換公式如下：

$$h = \begin{cases} \left( 6 + \frac{G - B}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, R = \max \\ \left( 2 + \frac{B - R}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, G = \max \\ \left( 4 + \frac{R - G}{\max - \min} \right) \times 60^\circ, B = \max \end{cases}$$

$$s = \frac{\max - \min}{\max}$$

$$v = \max$$

經由 HSV 處理分別取出的 h、s、v 值，我們使用將所有的全天空影像引入程式中進行大量的統計訓練，將錯誤的閾值定在 30%，經由統計訓練出的參數值成為最後的定值來進行後續的分析。

## 反 HSV 轉換

由統計訓練所找出的 h、s、v 值，再把它反轉回 RGB 格式就可以把晴空與雲分辨出來，hsv 反轉 RGB 公式如下：

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor$$

$$f = \frac{H}{60} - H_i$$

$$p = V(1 - S)$$

$$q = V(1 - fS)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S)$$

$$H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p$$

$$H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p$$

$$H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t$$

$$H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = V$$

$$H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = V$$

$$H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q$$



(a)原始影像

(b)處理完影像

圖 41 (a)原始影像，(b)處理完影像

(資料來源：本計畫)

## 魚眼處理

圖片因為是由魚眼鏡頭所拍攝，所以我們經下列公式運算將圖反轉回去，公式如下：

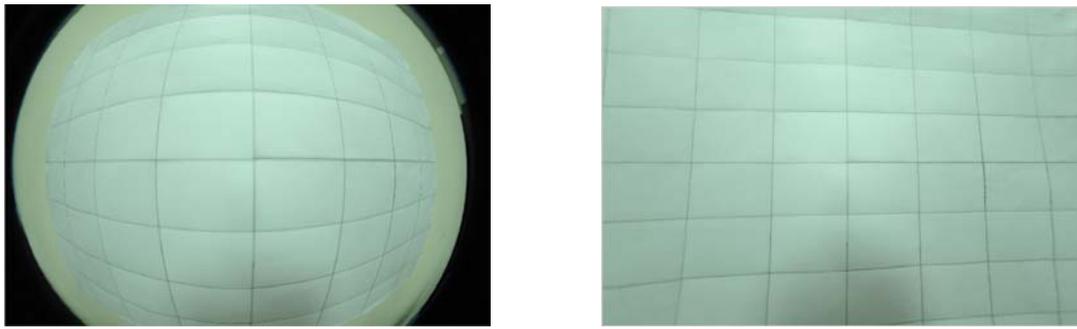
$$x = \frac{rX}{\sqrt{D^2 + X^2 + Y^2}}$$

$$y = \frac{rY}{\sqrt{D^2 + X^2 + Y^2}}$$

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

經由統計後知道當  $r=450$  的時候，影像還原為最佳。



(a)原始影像

(b)  $r=450$  之校正圖

圖 42 (a)原始影像，(b)  $r=450$  之校正圖

(資料來源：本計畫)

### 統計方法：

如圖 43 先分別將藍色、紅色的線段分別算出距離後，再分別算出距離的平均，藍色線段會得到 5 個距離平均，紅色也是 5 個，然後也以同樣方法算出原圖的距離平均，再做比較，也就是說我們分別把  $r=400\sim 850$ (間格=50)的校正圖作出來，並把中間  $5*5$  方形的座標找出來，然後分為  $x, y$  軸，並以兩點之間的距離公式來計算  $x$  軸各點的距離， $y$  軸各點的距離，再將距離取平均與原圖的距離平均互相比對。比對後會發現當  $r=450$  時最接近原圖。

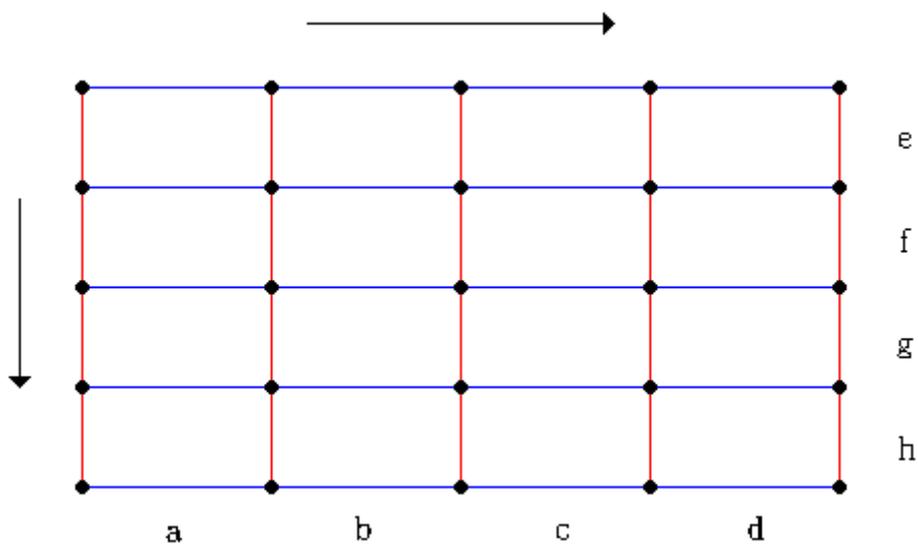


圖 43 魚眼校正統計示意圖

(資料來源：本計畫)

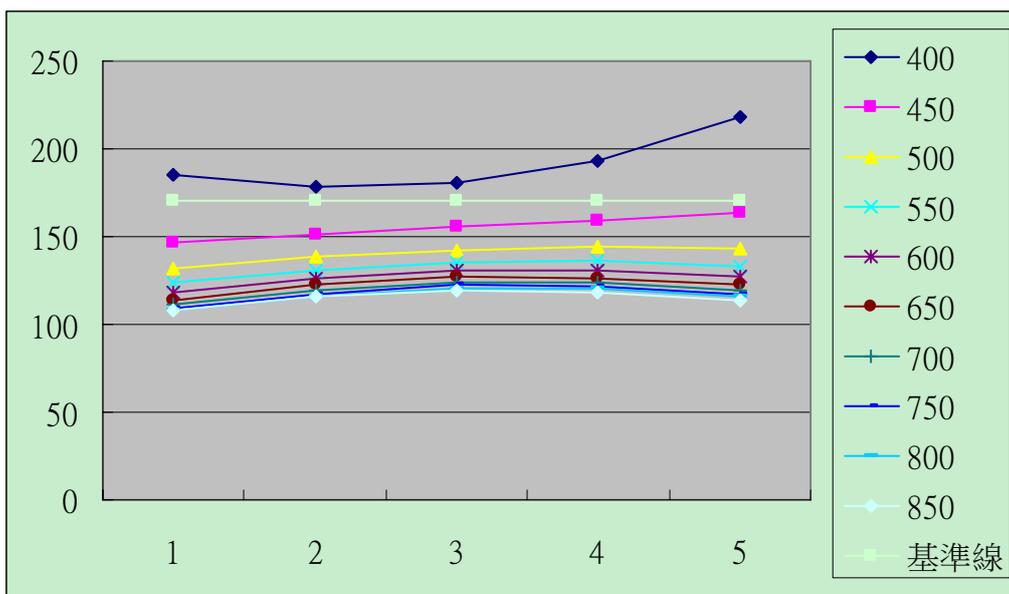


圖 44 魚眼曲率反轉統計分析圖 (X 軸)

(資料來源：本計畫)

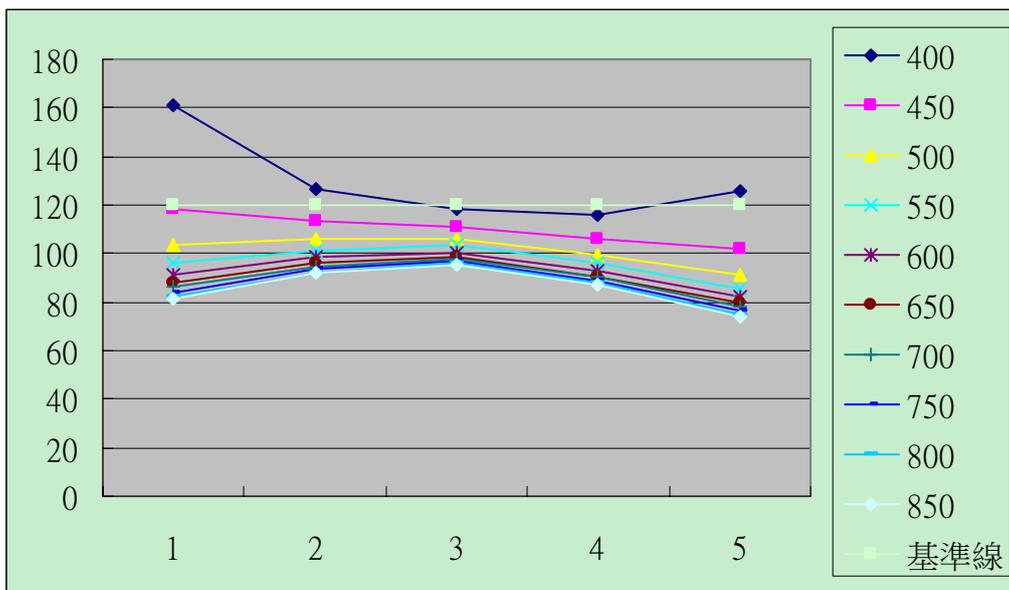


圖 45 魚眼曲率反轉統計分析圖 (Y 軸)

(資料來源：本計畫)

## 第二節 98 年猛禽遷徙調查時段之猛禽回波判讀個案初步分析

本計畫在取得 98 年春秋兩季猛禽地面人工調查記錄後，即開始進行辨識系統之訓練以及猛禽回波之分析，初步挑選人工調查較大量之鷹群過境時間為個案。如下表 2 所列：

表 2 98 年春、秋季地面人工調查記錄過境猛禽大量個案表

年	月	日	時	分	地點	鷹類	數量
2009	4	13	15	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	800
2009	4	13	16	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	310
2009	4	21	6	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	910
2009	4	21	7	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	3199
2009	4	21	7	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	2852
2009	4	25	5	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	3279
2009	4	25	5	43	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	2578
2009	4	25	6	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	2498
2009	4	25	7	0	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	5409
2009	4	25	7	16	屏東縣車城鄉龜山	赤腹鷹	2901
2009	9	15	9	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	12676
2009	9	15	10	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	2088
2009	9	16	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	4114
2009	9	16	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	3676
2009	9	16	9	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	1297
2009	9	21	6	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	8081
2009	9	21	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	2949
2009	10	1	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	4321
2009	10	1	8	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	5185
2009	10	1	9	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	4706
2009	10	1	10	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	614

2009	10	2	6	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	5927
2009	10	2	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	2136
2009	10	8	6	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	1051
2009	10	8	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	3027
2009	10	8	8	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	赤腹鷹	1616
2009	10	11	7	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	灰面鵟 鷹	5143
2009	10	11	8	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	灰面鵟 鷹	4602
2009	10	11	9	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	灰面鵟 鷹	9173
2009	10	12	5	0	屏東縣恆春鎮社頂公園	灰面鵟 鷹	6912

(資料來源：墾丁國家公園管理處)

基本上春季個案所觀察到的鷹類均為赤腹鷹，當天數量超過 1000 隻，觀測點均在龜山觀測點。將此三個時間前後的墾丁雷達 0.5 度回波圖，七股雷達 0.5 度回波圖以及全天空影像進行比對的結果發現下列特性，依個案分述如下：

### 2009 年 4 月 13 日 1500~1600 時，赤腹鷹 1110 隻 (圖 46)

此日墾丁空域上方的雲量頗多，觀測點全空域都有雲層之分佈。比對墾丁雷達於此時之回波分佈，發現墾丁雷達周圍的回波值並不高，0.5 度角回波圖顯示只在貓鼻頭南方有較多的訊號(如圖 46)。從 1500~1600 之間的雷達圖與全天空影像比對中，發現雲層頗低，屬低層雲型態，在 1.4 度角的雷達回波中已無訊號。

透過本計畫之辨識系統過濾後發現，猛禽訊號與低層雲的訊號產生重疊，因此在過濾後的訊號顯示上，並無法精確的找出鷹群的訊號。顯示在判別的辨識因子上，需增加其他的元素來考慮，例如時間的變化、雷達計算出的風速及鷹群飛行的速度等。這些經驗值都需要長期的觀測調查與計算來建立，本計畫將持續改善辨識系統的功能。

### **2009 年 4 月 21 日 0600~0700，赤腹鷹 6961 隻（圖 47）**

此日先前曾發生降水，以至於全天空照相機之光罩有兩滴殘留，但在墾丁空域上方的雲量不高，以觀測點西南方之雲簇較為寬廣。比對墾丁雷達於此時之回波分佈，亦以墾丁雷達西南方與東南方有較多的雲量。然而在墾丁南方巴士海峽上有數個較為突出的亮點(如圖 47)。從 0630~0700 之間的全天空影像可知，雷達圖中這幾個亮點會隨時間移動，且在全天空影像中並不屬於雲點，因此判斷有可能是鷹群的位置。

以雷達影像來檢視亮點的大小與變化，發現其大小約佔 1~2 單位資料的空間，大約是有 0.4 平方公里空間範圍。在通過台灣南端的過程中亮點會產生新增與分散的現象，這與雲的物理演化過程截然不同，且由於長時間存在，因此是鷹群的機率頗高。

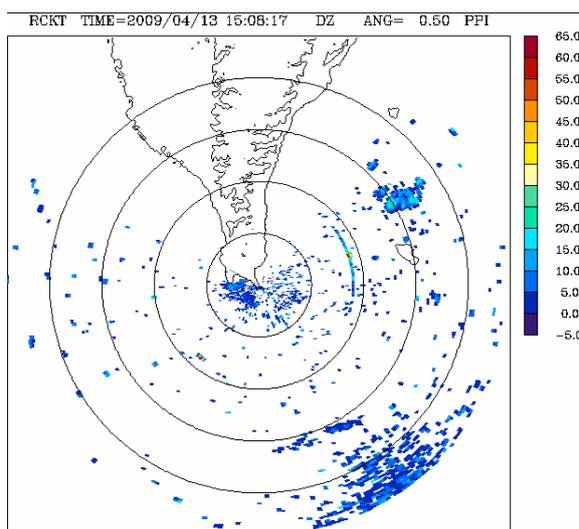
透過猛禽辨識系統的驗證，發現這些亮點經辨識後依然存在，顯示為猛禽訊號。進一步將墾丁雷達回波圖進行時序分析，可以發現這些亮點由巴士海峽向東北方行進，速度大約為 20 km/hr，與過去研究發現赤腹鷹的速度相當符合。由此可知三個觀測資料結合應可運用來研判鷹群飛行的狀況，但唯一美中不足的是無法得知地面調查觀測的方位是否為東南方向，使得確定的證據稍嫌薄弱。另外若可以在民航局輔航站有影像拍攝的話，亦可增加驗證效度。

### **2009 年 4 月 25 日 0500~0800，赤腹鷹 16665 隻（圖 48）**

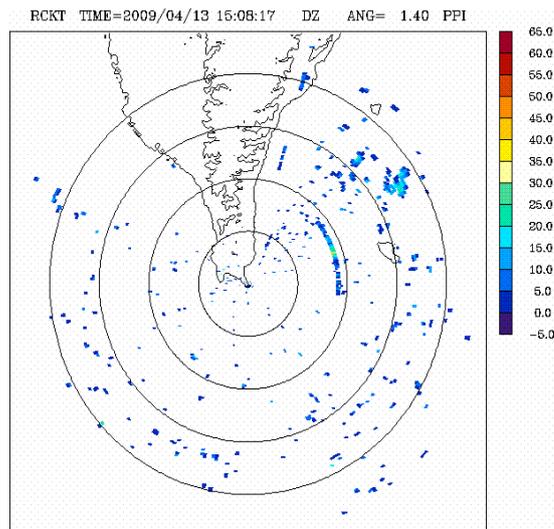
此日日出時間頗早，全天空照相機之拍攝自凌晨 5 時即開始。墾丁空域上方毫無雲量，全天空影像中只有陽光照射的變化。比對墾丁雷達於此時之回波分佈，亦只有零散之回波顯示並沒有集中的水氣帶。從 0500~0800 LST 之間的全天空影像可知這段期間墾丁為晴空，雲量約為 0~1。

檢視墾丁雷達的回波，發現在人工觀測發現大量鷹群過境的時間，墾丁雷達站的周圍及靠近墾丁雷達站東南方 25 公里以內有數個較強回波的出現(如圖 48)。從 0500~0800 LST 之間的雷達圖中這幾個回波值會隨時間移動，且在全天空影像中並沒有雲的出現，因此判斷有可能是鷹群的位置。經由猛禽辨識系統的分析結果，這些較強的訊號皆為猛禽訊號。

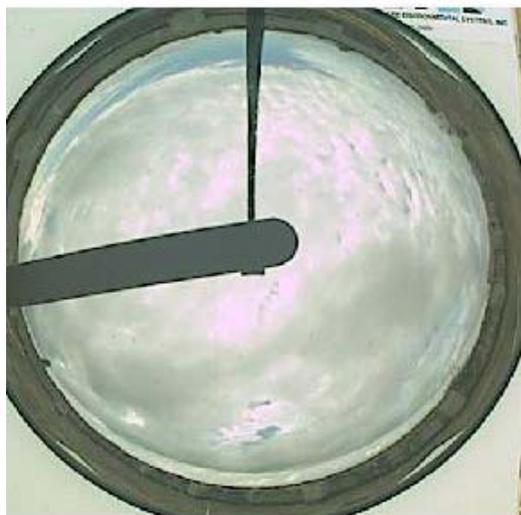
以雷達影像來檢視此個案回波亮點的大小與變化，發現其大小約佔 10~20 單位資料的空間，大約是有 2~4 平方公里空間範圍。在通過台灣南端的過程中亮點會產生新增與分散的現象，除了與雲的物理演化過程截然不同，且在全天空影像中並沒有雲的出現，在本個案中回波演化的方向在靠近墾丁陸地時先向西南，再往西北方前進，與北返之路徑相當接近，因此是鷹群的機率頗高。此日之辨識分析結果亦顯示在晴空的狀況下，猛禽辨識系統的辨識能力相當良好。



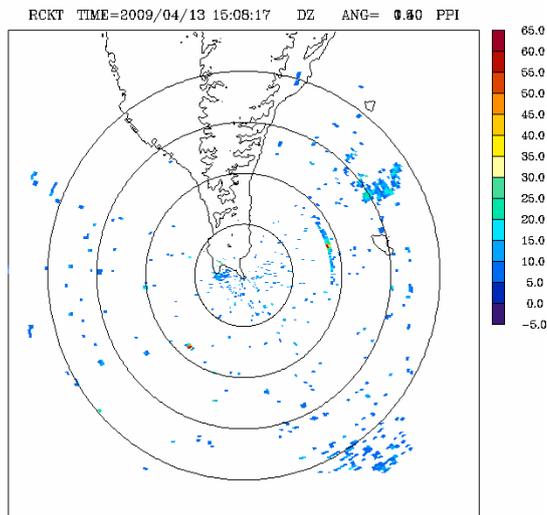
(a)2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分 0.5 度雷達回波圖



(b)2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分 1.4 度雷達回波圖



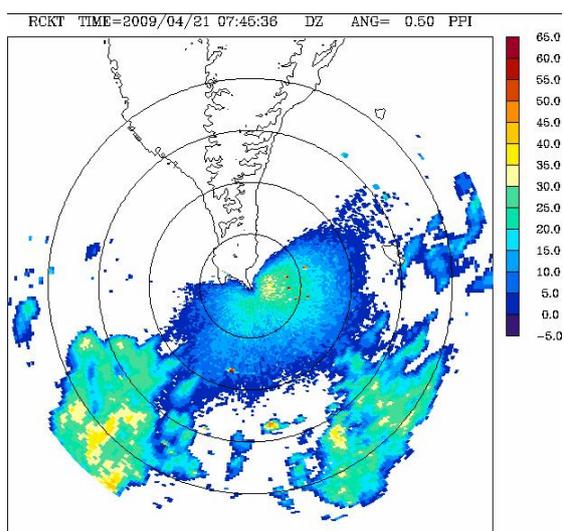
(c)2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分 Tsi 全天空圖



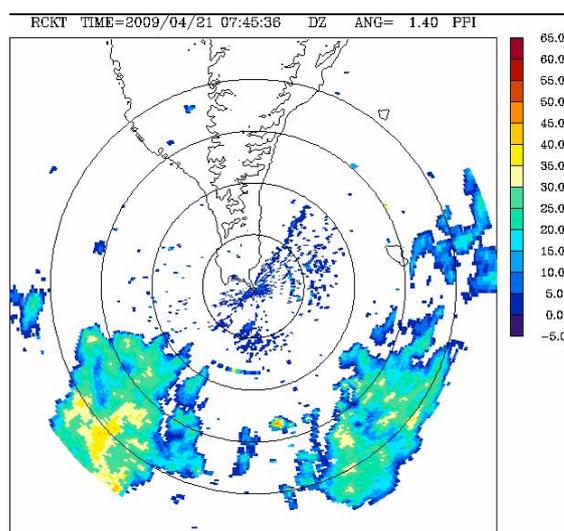
(d)2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分 辨識比對圖

圖 46 2009 年 4 月 13 日 15 時 08 分

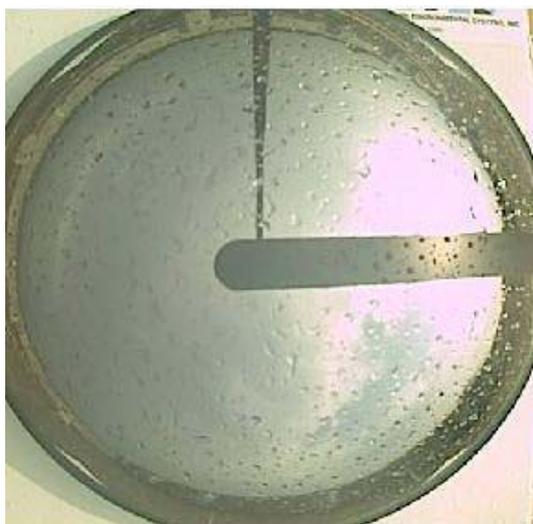
(a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



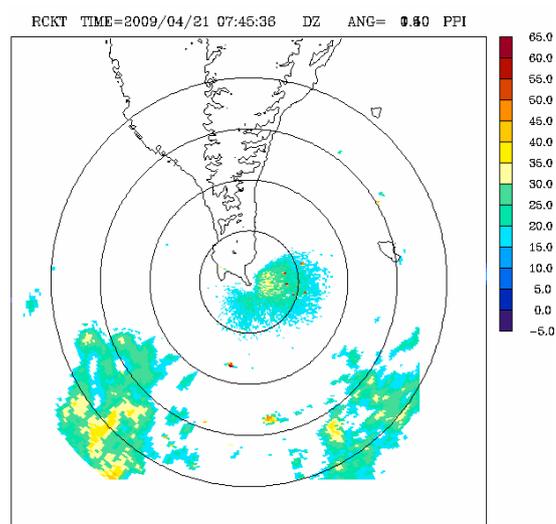
(a)2009年4月21日7時45分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年4月21日7時45分1.4度  
雷達回波圖



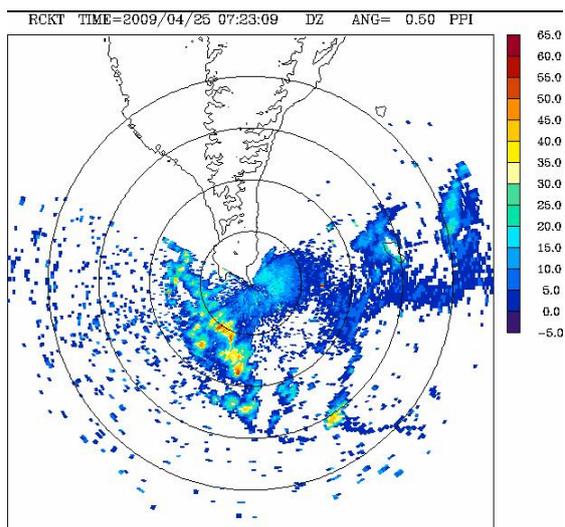
(c)2009年4月21日7時45分  
Tsi 全天空圖



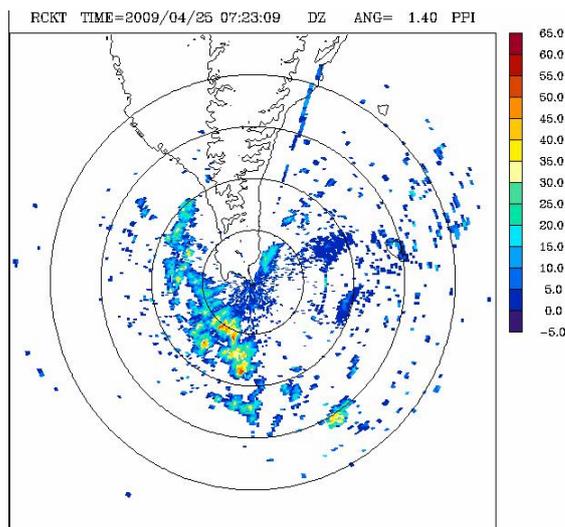
(d)2009年4月21日7時45分  
辨識比對圖

圖 47 2009年4月21日7時45分

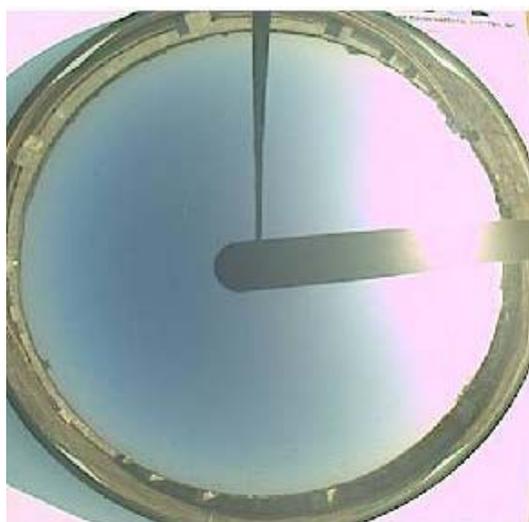
(a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



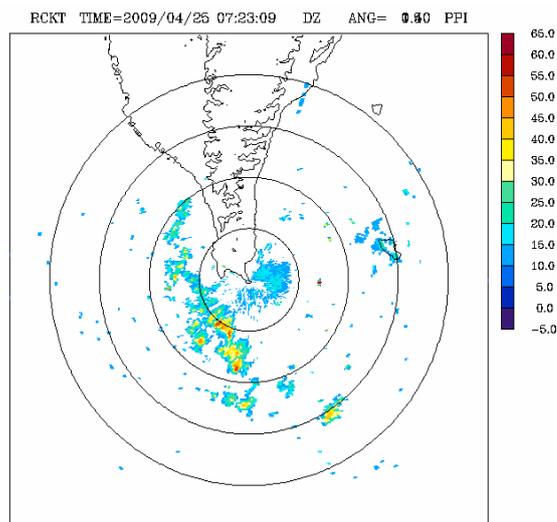
(a)2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分 0.5 度  
雷達回波圖



(b)2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分 1.4 度  
雷達回波圖



(c)2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分  
Tsi 全天空圖



(d)2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分  
辨識比對圖

圖 48 2009 年 4 月 25 日 7 時 23 分

(a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)

### **2009 年 9 月 15 日 0900~1100，赤腹鷹 14764 隻（圖 49）**

2009 年 9 月份的全天空觀測由中大的全天空系統進行，以測試此套系統於辨識過程之效能。此日墾丁空域上方的雲量頗多，觀測點全空域都有雲層之分佈，然雲層之透光良好，且間接有晴空之出現。比對墾丁雷達於此時之回波分佈，發現墾丁雷達周圍的海面回波雜訊頗多，只有正東方處有完整且較大之雲層分佈。透過本計畫之辨識系統過濾後發現，在靠近貓鼻頭處有較強的猛禽訊號，東方海面的雲層訊號已被過濾，因此可研判辨識系統在過濾雲的訊號有顯著的成效。而鷹群的訊號顯示在此日分佈較為零散，雖然沒有特別強的個別訊號，然而成”面狀”的訊號也可成為辨識的另一種特殊標準。

### **2009 年 9 月 16 日 0700~1000，赤腹鷹 9087 隻（圖 50）**

此日墾丁空域上方的雲量較前一日為少，觀測點全空域雲量約為 7/8。觀測點南方與東南方雲層較厚，然雲層之透光良好，且間接有晴空之出現。比對墾丁雷達於此時之回波分佈，發現墾丁雷達周圍的海面回波雜訊頗多，正南方處有一帶狀回波出現，且於 0.5 及 1.4 度均有此帶狀之分佈。

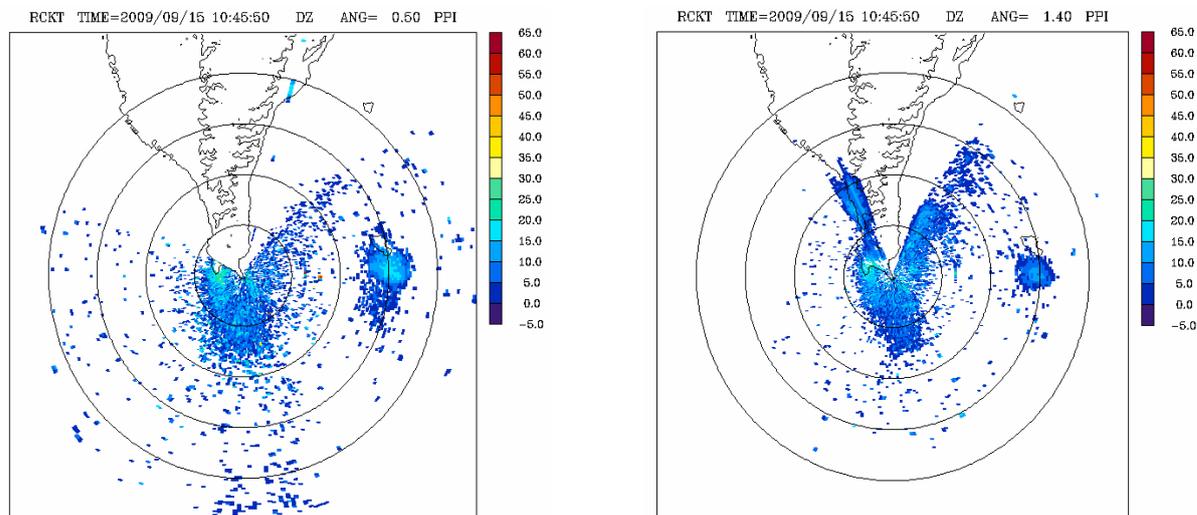
透過本計畫之辨識系統過濾後發現，觀測點東南方 25 公里處有一較強之猛禽訊號，在靠近貓鼻頭處有片狀的猛禽訊號，原本帶狀的訊號已被過濾。由於辨識系統在雲層低且雲量多的狀態下比較無法釐清猛禽訊號，因此在這種條件之下可能需要加入其他的判斷元素來進行，此點可再進一步改進辨識系統。

### **2009 年 9 月 21 日 0600~0800，赤腹鷹 11030 隻（圖 51）**

由中大全天空照相機所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方為全空無雲。而墾丁東南方於雷達回波上則顯示有一大片的對流雲系存在，因為在 0.5 與 1.4 的角度所測到的回波機制相當一致。而於墾丁雷達的南方處有一帶狀回波出現，且於 0.5 及 1.4 度均有此帶狀之分佈，0.5 度的回波較長。

將雷達回波與全天空影像輸入辨識系統過濾後發現，墾丁南方海面的帶狀回波仍舊存在，且在墾丁東方亦有一”面狀”較強的訊號。透過與地面人工調查的結果(數量高達萬隻)可驗證此帶狀的猛禽訊號極可能為赤腹鷹南遷所形成之”鷹河”，雖然過濾後之強度不大，但經過兩小時的驗證發現此鷹河有向西南方移動

的現象，辨識成功的機率頗高。加上此日為晴空的状态，辨識系統能發揮極高之功能，因此可證實本計畫所發展之猛禽辨識系統有非常不錯的效能與正確性。

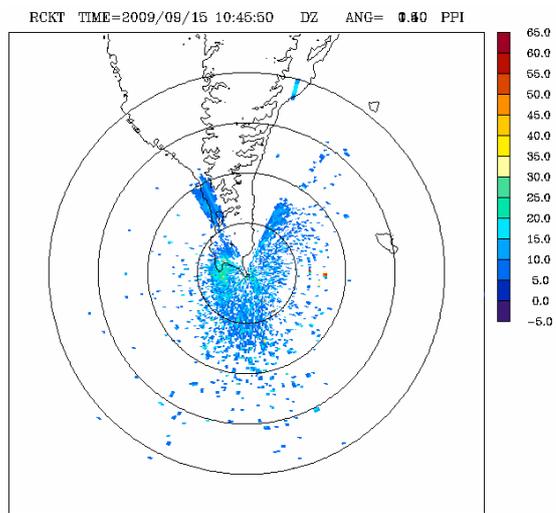


(a)2009年9月15日10時45分0.5度  
雷達回波圖

(b)2009年9月15日10時45分1.4度  
雷達回波圖



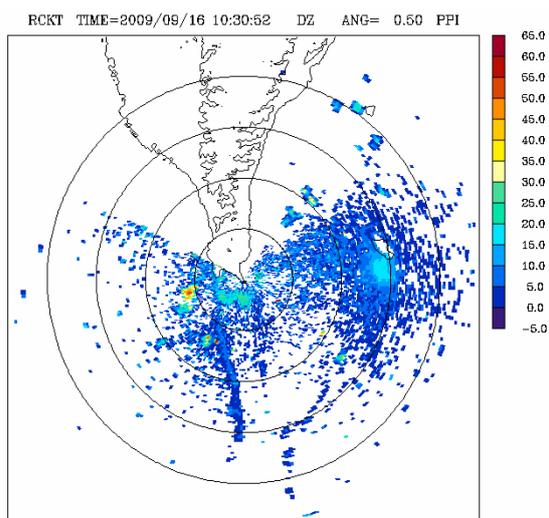
(c)2009年9月15日10時45分  
魚眼相機拍攝之全天空圖



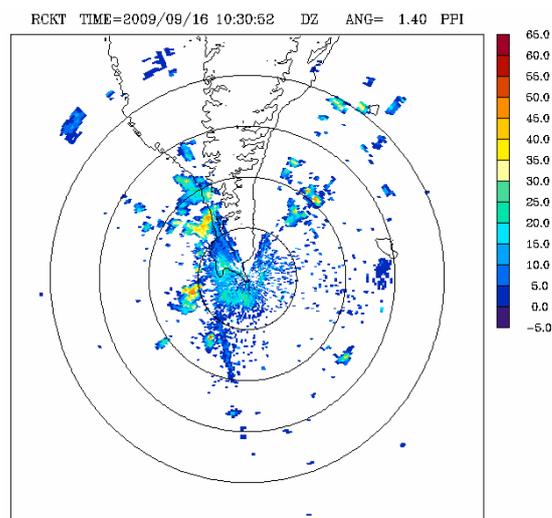
(d)2009年9月15日10時45分  
辨識比對圖

圖 49 2009年9月15日10時45分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



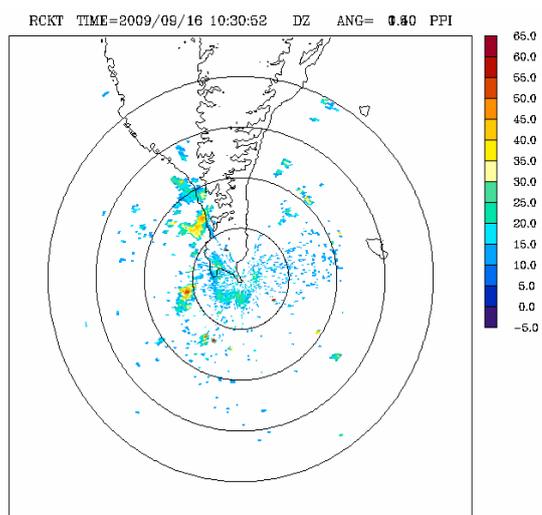
(a)2009年9月16日10時30分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年9月16日10時30分1.4度  
雷達回波圖



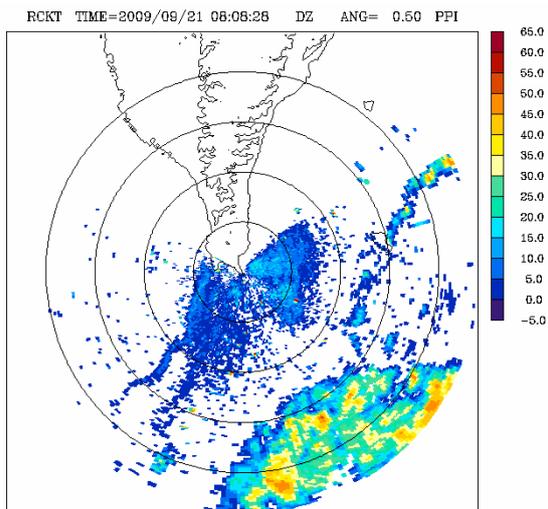
(c)2009年9月16日10時30分  
魚眼相機拍攝之全天空圖



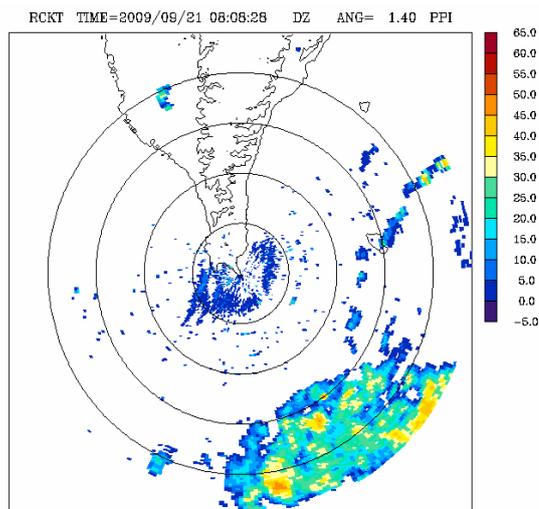
(d)2009年9月16日10時30分  
辨識比對圖

圖 50 2009年9月16日10時30分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



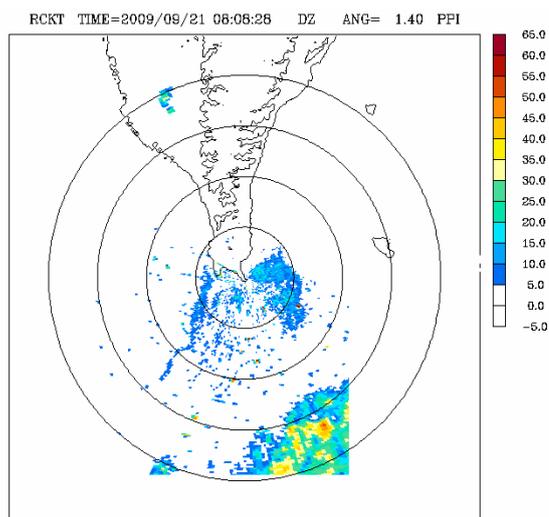
(a)2009年9月21日8時8分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年9月21日8時8分1.4度  
雷達回波圖



(c)2009年9月21日8時8分  
魚眼相機拍攝之全天空圖



(d)2009年9月21日8時8分  
辨識比對圖

圖 51 2009年9月21日8時8分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)

### **2009 年 10 月 1 日 0600~1100，赤腹鷹 14826 隻（圖 52）**

由中大全天空照相機所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方之雲量約為 1/2，且多為低層雲，雲層疏散。而墾丁雷達回波上則顯示在南方與西南方有較強之回波值，與全天空影像拍攝到雲的位置相當一致。0.5 度的回波顯示靠近墾丁雷達東南方的低層有較多的回波值，此與全天空影像亦有契合之處。

將雷達回波與全天空影像輸入本計畫之辨識系統過濾後發現，墾丁雷達西南方海面約 100 公里處與南方 10 公里處呈現較強之猛禽訊號，透過與地面人工調查的結果，當日數量超過萬隻，可驗證此兩處猛禽訊號極可能為赤腹鷹南遷所形成。與 9 月 21 日不同的地方在於此日經過過濾後之訊號強度頗大，且有向南方移動的現象，辨識成功的機率頗高。

### **2009 年 10 月 2 日 0600~0800，赤腹鷹 8063 隻（圖 53）**

由中大全天空照相機所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方幾乎為全空無雲，只有零星的高雲存在。墾丁雷達西側有一帶狀訊號由約 30 公里處向南延伸至 100 公里，同時南側 50 公里處亦有一帶狀訊號向南延伸至 100 公里處。在此兩帶狀訊號之間則有零星的強回波訊號，回波值超過 45dbz。

經過將雷達回波與全天空影像輸入本計畫之辨識系統過濾後發現，上述之兩帶狀系統顯示為猛禽訊號；不僅如此，夾於帶狀中的強回波亦為猛禽訊號。透過與地面人工調查的結果，應可驗證此兩帶狀的猛禽訊號極可能為赤腹鷹南遷所形成之“鷹河”。以本年度辨識之經驗而言，凡是晴空的天氣與時間，猛禽辨識系統對於猛禽訊號的判別有極佳之效能。

### **2009 年 10 月 8 日 0600~0800，赤腹鷹 5694 隻（圖 54）**

TSI-880 全天空相機經過一周的測試後，重新投入觀測的行列，經過春季對赤腹鷹的觀測測試後，秋季進行的灰面鵟鷹南遷過程亦進行測試。本日 7 時 TSI-880 所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方雲量稀少，約有 2/8 零星的積雲與高雲存在。墾丁雷達 0.5 度的回波顯示在東側一片較強的訊號，1.4 度回波則是弱且零星的分佈。特別的是在 0.5 度的回波分佈中有多個強度較強的訊號存在，其回波值均超過 45dbz。

經過將雷達回波與全天空影像輸入本計畫之辨識系統過濾後發現，有一片猛

禽的訊號分佈在相當靠近墾丁雷達的東南側，但是其分佈的位置恰在 TSI 的遮日板上，因此是否有如此分佈均勻的猛禽回波，必須進一步驗證。但是強度較強的點狀回波，根據時間序列的追蹤，這些強回波點均由北向南移動，且移速相當快，接近每小時 30km，因此可判斷為猛禽的訊號。

### **2009 年 10 月 11 日 0700~1000，灰面鵟鷹 18918 隻（圖 55）**

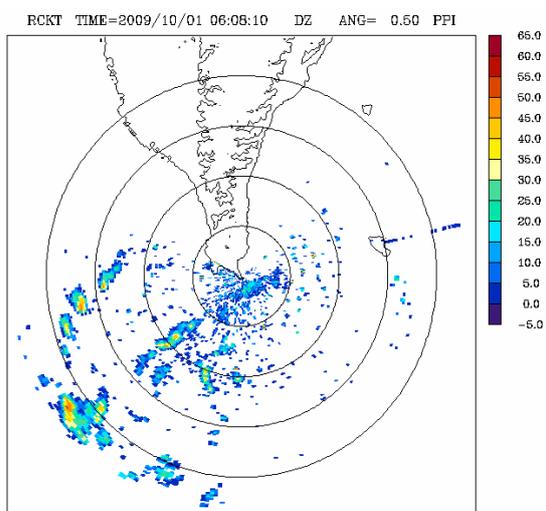
由人工地面調查資料顯示，本日為灰面鵟鷹秋季過境的最高峰，過境數量創下有史以來的紀錄。TSI-880 全天空相機本日 9 時 0 分所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方雲量約為 1/2，雲類為積雲與高積雲。經過去除海面回波後的墾丁雷達回波均顯示弱且零星的型態。

經過辨識系統過濾後發現，扣除掉雲的訊號後，猛禽的訊號明顯的辨識出來，訊號分佈在墾丁雷達的南方與東南側 50 公里之內。但是由於灰面鵟鷹的飛行速度較快，在海面上空較不易觀察到群聚飛行的現象，因此無法辨識出類似赤腹鵟南遷形成“鷹河”的狀態。

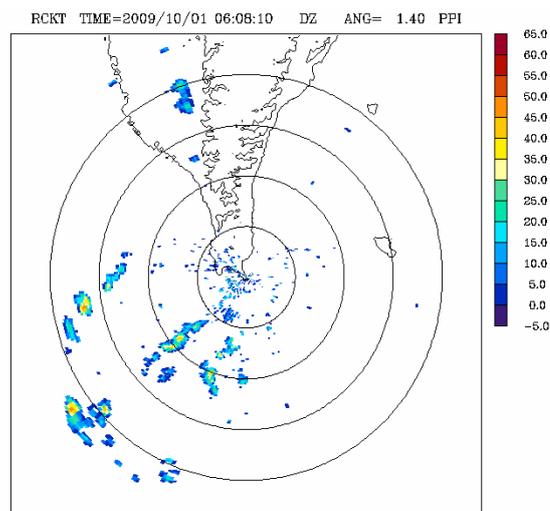
### **2009 年 10 月 12 日 0500~0600，灰面鵟鷹 6912 隻（圖 56）**

本日 TSI-880 全天空相機於將近 7 時所拍攝之影像可得知此日墾丁空域上方全空無雲。墾丁雷達 0.5 度的訊號則顯示在 25 公里範圍內靠近貓鼻頭有一向西延伸的回波帶，東南方有一團狀分佈。雷達 1.4 度的訊號則比 0.5 度更為微弱且範圍較小。

由於天氣晴朗，地面人工調查灰面鵟鷹南飛之時間相當早，經過辨識系統過濾後發現，扣除掉雲的訊號後，猛禽的訊號分佈在貓鼻頭向西延伸的區域、墾丁雷達的南方向西南延伸的帶狀區域以及東南側 25 公里內之團狀分佈。經過猛禽辨識的過程所得到的訊號，經與地面人工調查的結果比對，發現所辨識之結果有相當好的可信度。



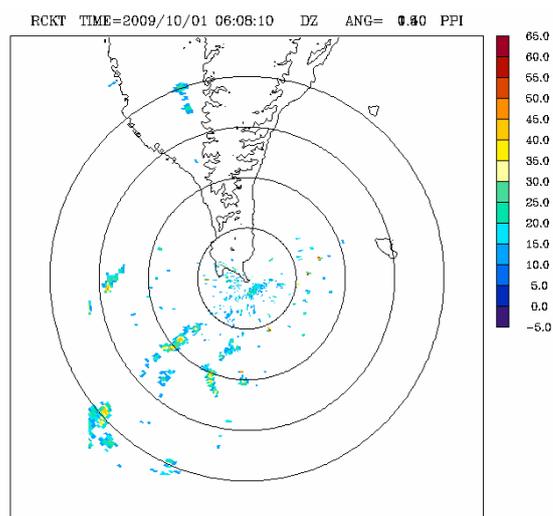
(a)2009年10月1日6時8分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年10月1日6時8分1.4度  
雷達回波圖



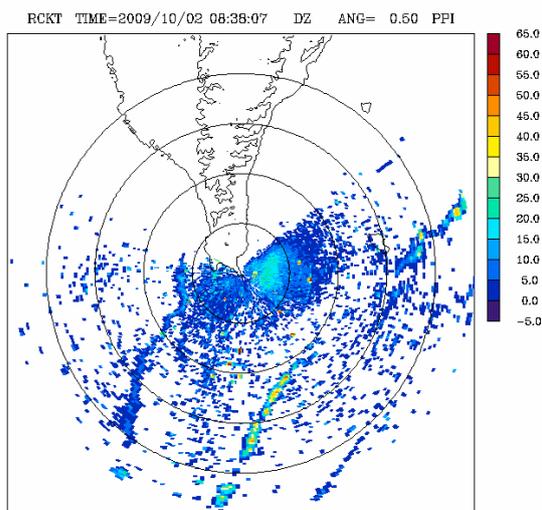
(c)2009年10月1日6時8分  
魚眼相機拍攝之全天空圖



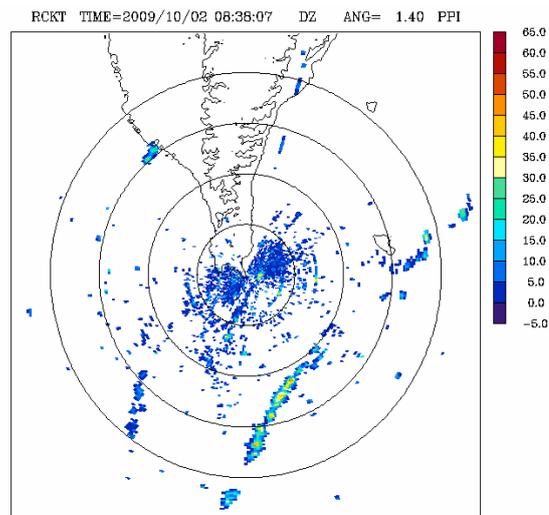
(d)2009年10月1日6時8分  
辨識比對圖

圖 52 2009年10月1日6時8分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



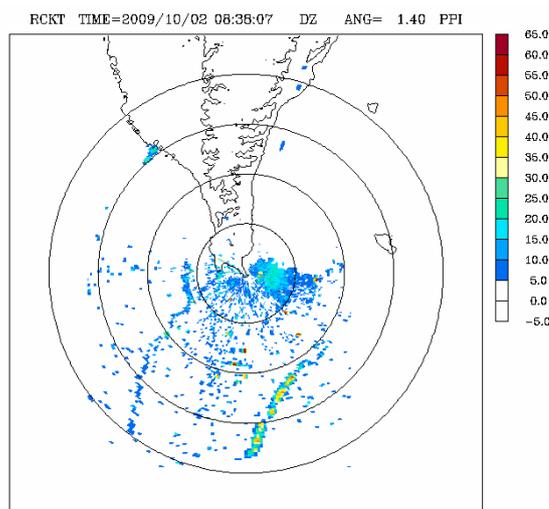
(a)2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分 0.5 度  
雷達回波圖



(b)2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分 1.4 度  
雷達回波圖



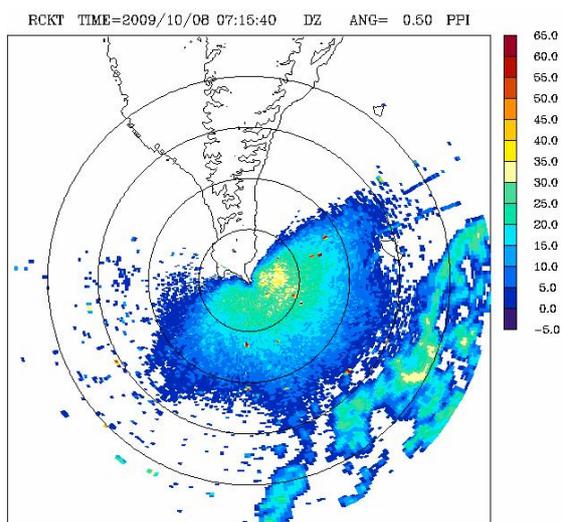
(c)2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分  
魚眼相機拍攝之全天空圖



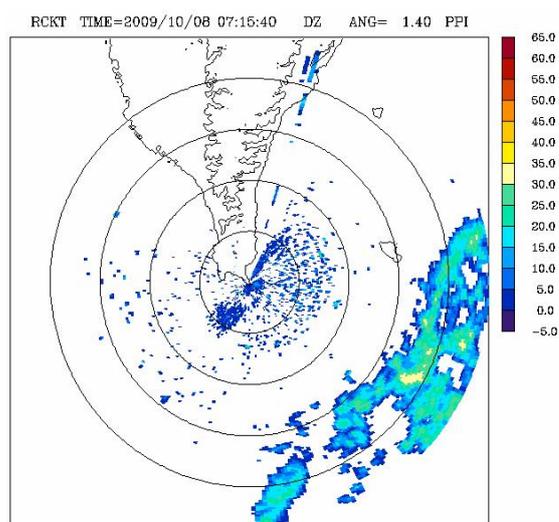
(d)2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分  
辨識比對圖

圖 53 2009 年 10 月 2 日 8 時 38 分

(a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



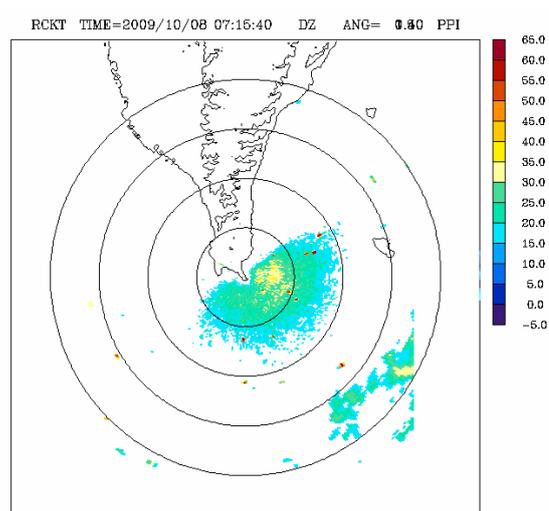
(a)2009年10月8日7時15分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年10月8日7時15分1.4度  
雷達回波圖



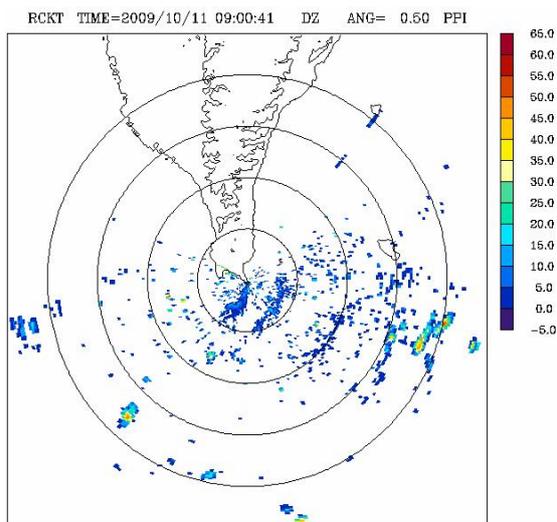
(c)2009年10月8日7時15分  
Tsi 全天空圖



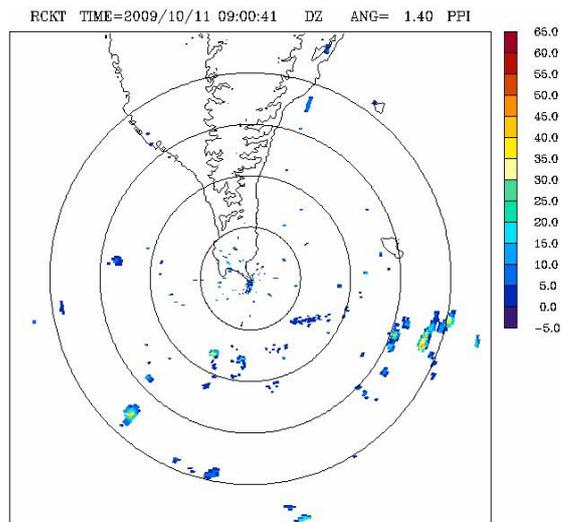
(d)2009年10月8日7時15分  
辨識比對圖

圖 54 2009年10月8日7時15分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)



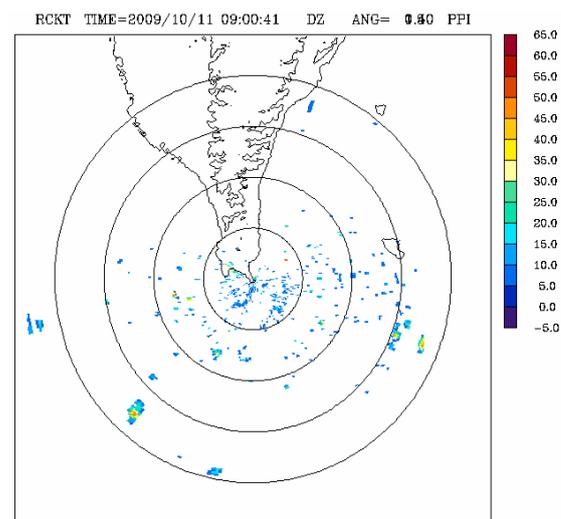
(a)2009年10月11日9時0分0.5度  
雷達回波圖



(b)2009年10月11日9時0分1.4度  
雷達回波圖



(c)2009年10月11日9時0分  
Tsi 全天空圖



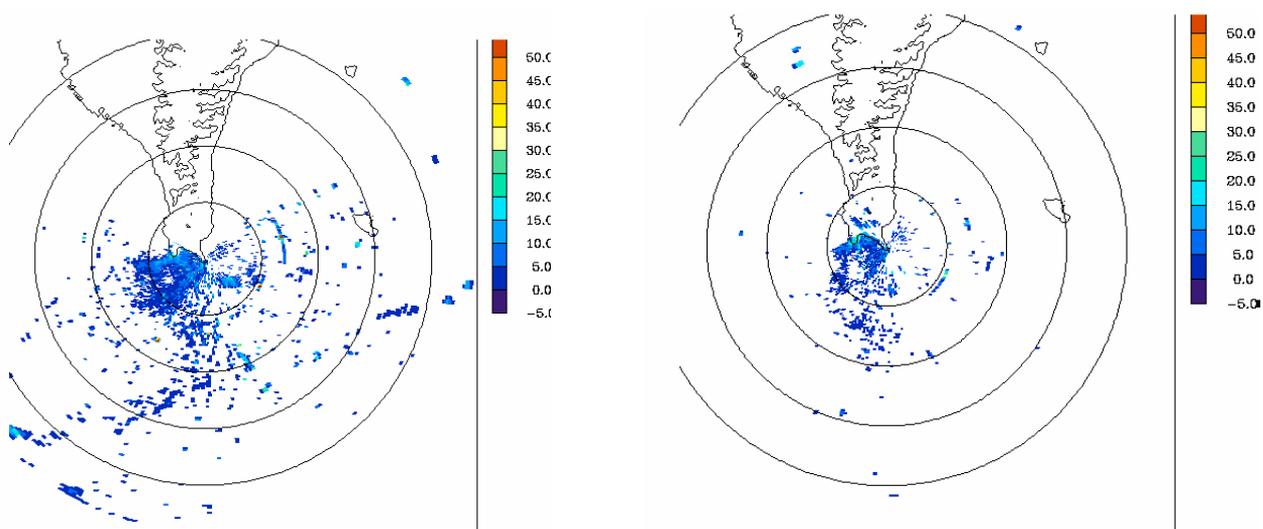
(d)2009年10月11日9時0分  
辨識比對圖

圖 55 2009年10月11日9時0分

(a) 0.5度雷達回波圖 (b) 1.4度雷達回波圖 (c)全天空圖 (d)辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

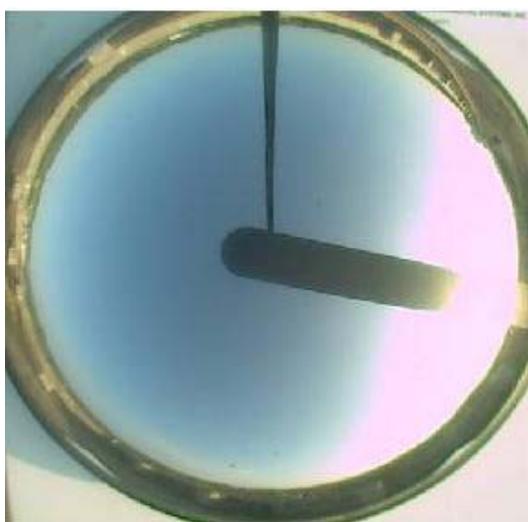


(a)2009年10月12日6時53分0.5度

雷達回波圖

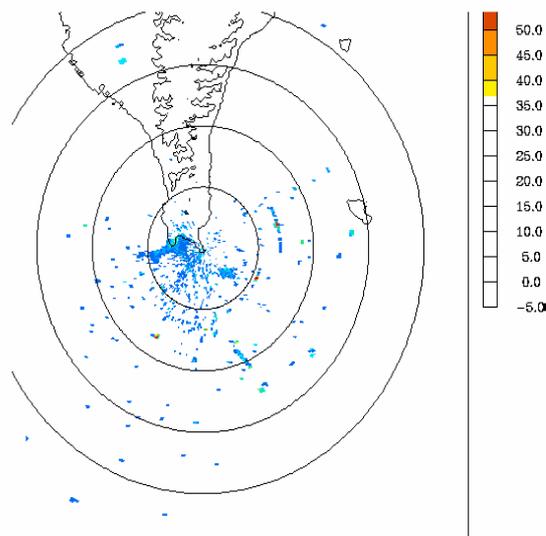
(b)2009年10月12日6時53分1.4度

雷達回波圖



(c)2009年10月12日6時53分

Tsi 全天空圖



(d)2009年10月12日6時53分

辨識比對圖

圖 56 2009年10月12日6時53分

(a) 0.5 度雷達回波圖 (b) 1.4 度雷達回波圖 (c) 全天空圖 (d) 辨識比對圖  
(資料來源：中央氣象局及本計畫)

小結：

由本年度地面調查數量較多的猛禽遷徙個案(11 個個案)進行猛禽辨識系統的統計訓練過程中，利用人工地面調查，全天空照相機以及雷達回波的共同比對可以發現，全天空影像資料的加入可以增進雷達回波對鷹群訊號的判斷。此結果突破了以往利用氣象雷達研判過程中，缺乏鷹群與雲之間差異判別的訊號證據。本計畫亦將此驗證機制自動化，以完成猛禽訊號判別系統。

經由統計結果，在以水泉國小中心延伸範圍半徑 100 公里的全天空影像與雷達回波圖對應位置，比對雲在雷達回波圖上之數量，再跟雷達回波圖對應位置雷達數量總數進行統計分析，以雲量 70%以上使用公式 1 做辨識，如表 3 之 9/25、10/2 和 10/12。雲量 70%以下，則使用此雷達時間點找尋此前後各 3 個時間點(例如雷達時間點為 23 分往前取 00 分、08 分、15 分，往後取 30 分、38 分、45 分，總共 7 個時間點)的雷達回波所有訊號進行滑動平均，取得雷達與全天空影像中雲之比對率，來表示辨識系統的效能。由表 3 可知，當晴空狀態時，辨識率愈高，可高達 80%；而雲量愈多時，辨識率較低。

在雲量較多的辨識過程中，受到雲的分佈與猛禽訊號可能重疊的影響，辨識效果較差。然而由於雲的移動速度與猛禽的移動速度不同，方向亦可能不同，因此未來可加入高空風的觀測、地面人工調查的猛禽移向、紅外線衛星雲圖等資訊，以增加猛禽訊號辨識的有效率。

表 3 全天空與雷達比對雲率

年	月	日	比對率
2009	4	13	34.33%
2009	4	21	2.42%
2009	4	25	18.46%
2009	4	25	61.74%
2009	9	15	69.63%
2009	9	16	49.63%
2009	9	21	11.33%
2009	9	25	75.54%
2009	10	01	39.28%
2009	10	02	88.48%

<b>2009</b>	10	08	<b>34.17%</b>
<b>2009</b>	10	11	<b>35.64%</b>
<b>2009</b>	10	12	<b>87.98%</b>
<b>2009</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>68.29%</b>

(資料來源：本計畫)

### 第三節 墾丁國家公園猛禽遷徙資訊展示系統

墾丁國家公園猛禽遷徙資訊展示系統建置主要的功能在於提供主管單位，學術機構以及一般民眾對於猛禽資訊的掌握。鑒於管理各項猛禽照片及數據資料，並使有系統且清楚的輸出，使一般人員便於瀏覽觀看，本網站使用 Google 相關技術，將遷徙路線由數據資料繪出路徑曲線，經由 Google Earth 以 3D 立體或 Google Map 以 2D 平面圖型呈現。

為便利相關學術研究，各項數據數值資料可轉成 Excel 檔案，雷達圖形、全天空照片、手動攝影照片可直接圖檔下載，或簡單編輯後轉成 Word、PDF 等檔案格式輸出下載。考慮網站安全及流量管控，網站以分級會員制管理，一般會員僅能瀏覽短期輸出資料，而特殊會員能做較長期統整輸出查詢。

網站管理員不需直接修改程式，擁有下列權限：

1. 審核會員註冊、更改權限、封鎖或解除封鎖會員、管理會員群組。
2. 編輯首頁訊息、新聞、登入後歡迎訊息並更換圖片。
3. 編輯資料顯示連結、Google Earth 初始顯示型態。
4. 設定、撰寫及發送電子郵件。
5. 可做資料新增、刪除、修改，指定備份位置和時間。

#### (1) 網站規劃地圖

網站瀏覽權限主要分為三個群組：

1. 未登入使用者可註冊為會員及觀看相關新聞。
2. 一般使用者主要分基本及特殊帳號群組，主要連結幾乎相同，只有進入頁面一些選項的增減和功能限制的差別。  
〔後有詳述〕
3. 網站管理者群組只有一個限定帳號，擁有管理這個網站最大權限，可另外指定幾個帳號協助管理網站。

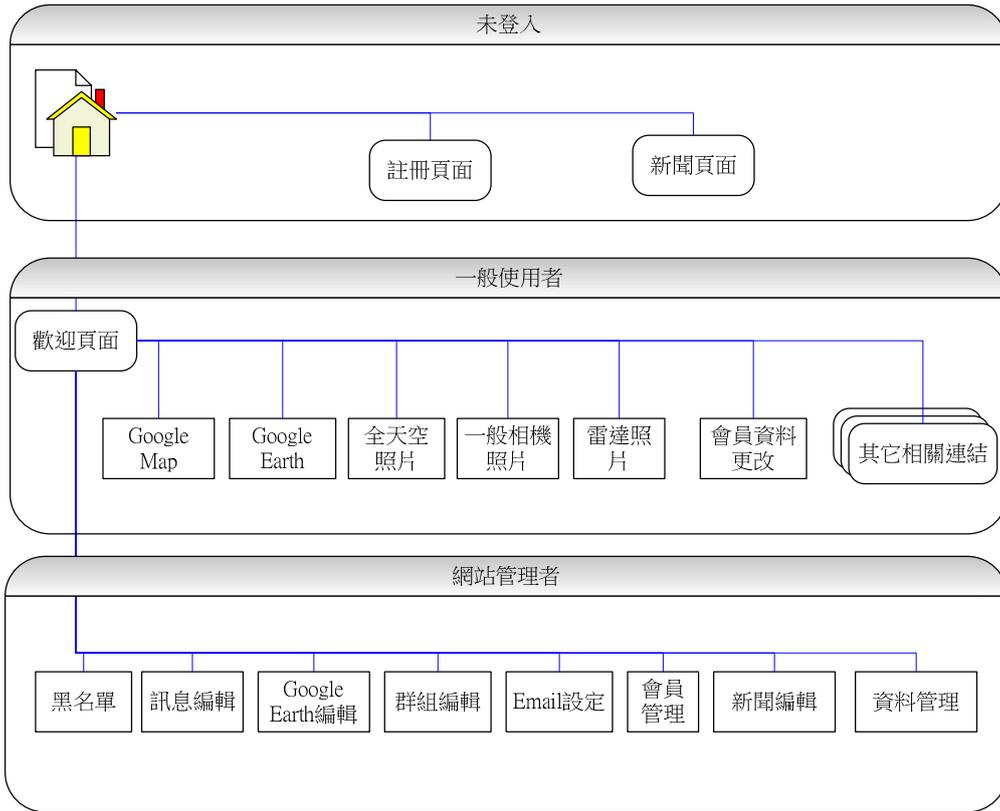


圖 57 網站主要架構

(資料來源：本計畫)

## (2) 主要頁面顯示及功能解說

### 1. 首頁：



圖 58 網站首頁

(資料來源：本計畫)

## 墾丁國家公園

### 猛禽遷徙資訊系統建置計畫

- A. 網頁最上方為本網站的代表圖片，不管點進本網站的任何一頁，都有此張圖片置頂。
- B. 網站首頁右中側，是本網站的介紹，本網站的成立起源、宗旨、目標、或墾丁附近的猛禽種類等等，都可以在這做一個簡短的文字說明，並可搭配圖片。此區塊可由管理者隨時做編輯修改，套用之後，即可有不同的顯示。
- C. 左側則是使用者登入欄，不管任何使用者皆由此登入，輸入的帳號密碼直接經由資料庫比對判斷正確後，再根據此帳號所屬群組，給予不同的使用權限。
- D. 登入欄下方是相關的新聞摘要，可設置超連結點至詳細的新聞頁面。網站的最新消息、猛禽動態、以及墾丁附近的活動，都可以登載在這，這個區塊也是可由管理者編輯修改。

## 2. 新使用者註冊頁面：



墾丁國家公園管理處  
Kenting National Park

墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統

新使用者註冊

Type	Content
帳號：	<input type="text"/>
密碼：	<input type="password"/>
密碼確認：	<input type="password"/>
姓名：	<input type="text"/>
性別：	<input type="radio"/> 男 <input type="radio"/> 女
身分證字號：	<input type="text"/>
生日：	<input type="text"/> <input type="button" value="☞"/> Default <input type="button" value="▼"/>
地址：	<input type="text"/>
郵遞區號：	<input type="text"/>
住家電話：	<input type="text"/>
行動電話：	<input type="text"/>
E-mail：	<input type="text"/>
安全碼：	<input type="text"/> (請注意大小寫) <input type="button" value="重新整理圖片"/>

圖 59 新使用者註冊

(資料來源：本計畫)

- A. 除了管理者帳號是預定好之外，其它使用者皆須經由此頁面註冊，輸入個人資料，以便管理者做整合管理。
- B. 經由此頁面註冊完成後，便是一般會員，可使用網站大部分的功能，但有較多的限制。有學術研究用途，需長期詳細的資料的使用者，可在之後再根據在此註冊的資料，向管理者提出需求，管理者審核同意後，即可變更為特殊使用者。
- C. 註冊的使用者在這頁面填入的電子郵件住址，之後的系統或管理者皆會根據此寄發通知的郵件。

3. 登入後歡迎頁面：



圖 60 登入後先看到的頁面

(資料來源：本計畫)

- A. 登入通過後，每個使用者皆會看到此頁面，再由左側樹狀連結點擊進入想要瀏覽的頁面。
- B. 右中歡迎圖面可放置各種圖片或編輯文章訊息。可由管理者自訂，可放置各種圖片或編輯文章訊息。
- C. 上圖為所有註冊帳號皆會看到畫面，假如是管理者登入，系統會在左側連結中增加系統管理的連結群組。

## 墾丁國家公園

### 猛禽遷徙資訊系統建置計畫

#### 4. Google Map 顯示頁面



圖 61 Google Map 顯示頁面

(資料來源：本計畫)

- A. Google Map 是由正上方拍攝的衛星圖面，圖面可拉近，細部觀察某一區塊，也可放遠，瀏覽一大區域，也可自由移動位置，在每次重新讀取後，網頁下方表格就會更新顯示目前的中心點的經緯度。
- B. 猛禽的飛行，經過伺服器資料處理後，可在此地圖繪出曲線，使用者只要輸入起始和結束日期，便可看出這段時間的飛行路線。

## 5. Google Earth 顯示頁面



圖 62 Google Earth 顯示頁面

(資料來源：本計畫)

- A. Google Earth 是 Google 最新的網頁技術，可以各種距離、各個方向、各種角度觀察地球的任何一個角落。
- B. 對於這網站的需求，Google Earth 與 Google Map 最大的不同，是 Google Earth 可標上海拔高度，有經緯度和高度的立體空間座標，再加上時間，就可以完整顯示出猛禽的飛行路線。
- C. 下方的經緯度欄位，可以在使用者的鼠標在圖面上滑動點擊時，標出所點地面位置的經緯度和海拔高度。
- D. 因有部分瀏覽器對 Google Earth 完全不支援或支援性較差，故使用者在使用該類瀏覽器時〔註〕，將只能觀看 Google Map 頁面。

註：IE6 之前的版本，無法觀看 Google Earth，而 Firefox 會有走位的問題。而顯示較佳的瀏覽器則有 IE8 和 Chrome。

### (3) 顯示及管理功能說明

1. 安全管理方面：
  - A. 設有帳號重複登入錯誤限制，一個帳號在重覆輸入密碼錯誤三次之後，該帳號即被系統鎖定，之後設定或由管理者解除鎖定，或是系統在一定時間後自動解除鎖定。
  - B. 同一身分證號碼也不可申請兩個以上的帳號。
  - C. 管理者可編輯設定電子郵件自動寄發，或手動寄發，只要使用者帳號狀態有變更，系統即會寄發電子郵件通知。
  - D. 使用者有某些違規情事，譬如電子郵件地址輸入不實，管理者可手動鎖定該使用者。
2. 資料查詢限制：
  - A. 為了管控網站的流量，使用者下的區間查詢指令都有一定的限制，基本使用者的限制會較大。
  - B. 為了安全性的考量，基本使用者可能無法觀看某些圖片資料。
  - C. 限制的內容，可以由管理者動態設定。



圖 63 頁面功能列可折疊

(資料來源：本計畫)

頁面顯示：

- A. 如圖 63 所示，功能列可折疊，讓使用者可以得到最大的觀看畫面。
- B. Google Map 和 Google Earth 皆可由使用者自由調整遠近距離和方位，Google Earth 並可調整角度，這兩種頁面的初始顯示位置皆可

由管理者動態設定。

- C. Google Earth 的設定檔〔KML〕，可讓使用者下載，只要使用者在本機端有安裝 Google Earth 應用程式，也可觀看到相同的圖形。

目前墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統伺服器建置工作已如期完成工作項目，系統所需之伺服器的採購已經完成，亦已完成墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統架構伺服器建置工作。

而中央氣象局墾丁雷達回波資料庫建置工作亦已完成，本年度架構與測試與中央氣象局雷達回波資料蒐集與繪圖之機制，將來配合行政與傳輸流程進行，即可順利完成中央氣象局墾丁雷達回波資料庫。

計畫執行甘特圖如下表 4：

表 4 計畫甘特圖

預定進度(以甘特圖表示)											
工作內容項目	年別	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統伺服器建置	*	■	■	■	■	■	■	■	■		
2.中央氣象局墾丁雷達回波資料庫建置	*	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.配合墾丁國家公園年度之猛禽遷徙調查時段，以雷達回波建立與測試猛禽回波判讀系統	*	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.配合墾丁國家公園年度之猛禽遷徙調查時段，進行猛禽調查與回波判讀之地面全天空影像校驗	*	■	■				■	■	■	■	■
5.建立墾丁國家公園猛禽遷徙資訊之展示系統	*		■	■	■	■	■	■	■	■	■
6.撰寫期中報告				■	■						
7.撰寫期末報告									■	■	■
8.報告修改										■	
9.成果繳交											■
預定進度累積百分比(%)		0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
查核點	預定完成時間	查核點內容說明									
1.期中報告	2009/07/31	繳交期中報告 (■表已完成，□表尚待持續進行)									
2.期末報告	2009/11/30	繳交期末報告									

## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

- (1) 依據春、秋季的觀測顯示，利用人工地面調查、全天空照相機以及雷達回波的共同比對可以精確的辨識鷹群的影像，而全天空影像資料的加入可以增進雷達回波對鷹群訊號的判斷。此結果突破了以往利用氣象雷達研判過程中，缺乏鷹群與雲之間差異判別的訊號證據。台灣擁有全世界都卜勒氣象雷達密度最高，若能利用此猛禽回波辨識系統，完成世界上第一套即時的「猛禽遷徙資訊系統」，將有助於我國對猛禽遷徙習性的了解，且發展之成果將是國際性的突破。
- (2) 本年度計畫完成了猛禽遷徙資訊展示平台，包含雷達、全天空影像等資料均已上線，並連結中央氣象局天氣資訊、猛禽研究會地面調查資訊等相關訊息。並經由影像處理及 Google Earth 內嵌的技術，將猛禽資訊連結於全球地理資訊系統中。
- (3) 由資料分析與應用過程中發現，全天空照相機的運用在於將天空中雲與晴空的資訊辨識出來，再與雷達回波中的回波強度進行時間與空間的比對。比對完的資訊可將雷達回波中屬於雲的資訊去除，餘下的訊號即為猛禽遷徙的可能資訊。經過本年度的測試與系統訓練，在猛禽遷徙數量明顯的個案中，若當時為晴空的條件，此辨識系統的效能相當良好。
- (4) 本年度計畫除了完成預定之工作項目外，亦支援每日猛禽地面調查表之數據化作業。也試行了低層高空風的觀測(詳見附錄 F)，以為增進猛禽遷徙系統之完整性與精確性。研究團隊亦積極建立國際合作與國際宣傳之工作，包含馬來西亞與印度皆對本計畫表達高度的興趣與合作意願，期盼能將墾丁國家公園在猛禽研究調查與保護上的努力，宣揚於國際上。

## 第二節 建議

### 建議一

猛禽遷徙資訊的研判與辨識系統訓練：立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：長榮大學、中央大學、中央氣象局、台灣猛禽研究會

研判過程與辨識系統訓練過程中，地面人工調查觀測的資訊是本計畫非常重要的訊息，其在訓練辨識系統的過程中是具有決定性的資訊。因此如能加強與人工地面調查的系統與資料整合，例如加入人工地面調查的鷹群飛行方位的記錄，當時地面風向的判別...等，是將來非常重要的工作。

### 建議二

猛禽遷徙資訊與辨識系統建置：中長期建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：長榮大學、中央大學、中央氣象局、台灣猛禽研究會

猛禽訊號辨識系統的進一步改良，是下一階段的重要工作，也是猛禽飛行路徑建立的必要工作。如何搭配衛星影像、地面調查的飛行方向驗證、低空風場的資訊等，皆為猛禽遷徙系統進階發展的首要考量因素。

### 附錄 A 評選會議紀錄

98 年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦勞務案  
服務企劃書評選會議紀錄

開會日期：中華民國 97 年 3 月 25 日下午 14 時 30 分 記錄：蔡乙榮 *蔡乙榮*

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持（召集）人：林委員青 *李登志*

評選委員：

國立中山大學 張委員學文

*張學文*

高雄醫學大學 程委員建中

*程建中*

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶

*黃朝慶*

墾丁國家公園管理處 李委員登志

*李登志*

出列席單位及人員：

服務廠商 長榮大學

*賴信志 林愷凱*

墾丁國家公園管理處

*吳超輝*

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

98 年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦勞務案  
服務企劃書評選會議紀錄

開會日期：中華民國 97 年 3 月 25 日下午 14 時 30 分 記錄：蔡乙榮

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持（召集）人：李委員登志（代理）

評選委員：

國立中山大學 張委員學文

高雄醫學大學 程委員建中

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶

墾丁國家公園管理處 李委員登志

出席單位及人員：

服務廠商 長榮大學 賴信志 林順凱

墾丁國家公園管理處 馬協群

主席致辭：本會議為本處 98 年度新增之委辦案評選會議，感謝張委員、程委員及黃委員 3 位外聘委員前來協助本案之評選工作，本案評選委員共有 5 位，除了本處林委員另有公務請假之外，有外聘委員 3 位及內聘委員 1 位共計 4 位委員出席，委員出席人數及比例符合規定，評選會議開始，請長榮大學先行簡報。

參選單位簡報：長榮大學賴信志主任簡報（詳如：服務企劃書）。

會議討論：

主持人李委員登志：

感謝長榮大學賴主任的簡報，首先請程委員提出對本案簡報及企劃書的意見，再請長榮大學賴主任回答。

程委員建中：

很高興看到墾丁國家公園即將執行的這項計畫，往年的調查都是著重在生物面的部分，本計畫將天文、氣象及太空的科技結合在一起，這是一個相當大的進步，樂觀其成。未來將可以透過網路在墾丁國家公園的網站上或是使用行動電話手機來看到墾丁的猛禽遷徙資訊，非常的便利，以下提出幾點意見：

- 一、墾丁國家公園管理處多年來已經累積相當多的委託調查成果，是否可以將歷年的調查成果列為本計畫的背景資料，未來在本計畫進行規劃及驗證的時候將這些歷史資料拿來比對，以期獲得更完善的成果模式。
- 二、計畫成果的展示，如何與墾丁國家公園管理處既有的 GIS 地理資訊系統結合？可以提高現用資訊的價值，經由整合可以讓附加價值獲得提升。
- 三、報告中提到要在水泉國小及民航局的助航台各設 1 套全天空照相機，由簡報中的圖示可以知道 2 套的拍攝影像範圍是有一定的重疊區域，實際上的全天空照相之橫向面，有多大的

距離範圍？就往年的調查成果可以知道，北返的鷹群有些可以從恆春半島東方的蘭嶼及綠島附近穿越，也有些會從高雄及屏東的高屏溪附近經過，是有一些不同的方向，是否都已經在目前規劃的範圍之內？可以再參考以前的資料來考量全天空照相機的架設位置，讓資料的蒐集更加的完整。

長榮大學賴信志主任回應：

以下逐一回應程委員所提出的問題：

- 一、將歷年的成果納入，這是本團隊所期望做到的，包括最近幾年的氣象雷達回波資料也可以取得，都可以做為校驗之用，這可以再與墾丁國家公園管理處做進一步的討論。
- 二、要如何與墾丁國家公園管理處既有的 GIS 地理資訊系統結合？需先確定管理處所使用的是屬於哪一種系統？才能知道是否可以相容及要如何進行整合。
- 三、全天空照相機因為是使用魚眼鏡頭，理論上再高的距離也可以拍攝得到，水平方向則會有一些仰角，要看架設位置的海拔高度而定，但是可以拍攝之橫向面距離範圍仍然相當的大，會選用目前的 2 個架設點是考量要與墾丁氣象雷達站的資料結合，有重疊的部分是可以用 3 點來進行校驗的區域，等實際完成設備架設之後，還會再透過施放探空氣球來加以測試，要視現況測試結果而定，未來會在成果報告中進行交待。

主持人李委員登志：

再來請張委員提出對本案簡報及企劃書的意見，並請長榮大學賴主任回答。

張委員學文：

這項計畫很有意思，能夠將影像及雷達資料結合在一起是一項很大的突破，以下有一些技術面的問題想請教：

- 一、氣象雷達影像與全天空照相所得影像之解析度如何？二者能不能結合？若是影像解析度差異太大時，未來要如何結合？
- 二、氣象雷達掃描完成 1 次大約是 8 分鐘，而全天空照相機拍攝應該是每拍攝 1 次就是 1 張照片，除了影像解析度之外，氣象雷達掃描與全天空照相機拍攝頻度要如何結合？
- 三、大氣中之影響因子，如：雲、水氣及其他的懸浮粒子等，要如何排除及控制？
- 四、在 GPS 的定位上，可以定位到多準確？如何進行定位？

長榮大學賴信志主任回應：

謝謝張委員所提出的意見，並做以下的綜合回應：

- 一、首先回答解析度的部分，氣象雷達每掃描完 0.5 度資料就會進行處理，完成 1 次完整掃描所需時間大約是 8 分鐘，在這方面根據以往屏東科技大學孫元勳老師、藍正裕碩士研究生及中央氣象局墾丁氣象雷達站鄧財文博士的應用研究成果，已經確定可以直接運用。而全天空照相機的影像部分，影像之解析度是 512×512，拍攝時間則可以高達每 30 秒鐘拍 1 次，與 8 分鐘 1 張的雷達影像在結合上應該是沒有問題。
- 二、雲層的移動速度及方向，基本上是與風向一致，但是與鷹群的移動卻不一樣，在撰寫判讀程式時是可以加以區分。在判讀全天空照相所獲得的影像及排除其中的雲層方面，是要經過程式之判識訓練過程，在訓練過程就會逐漸修正參數，最後才可以建立成熟的判識功能？在以雷達回波影像進行鷹群之判識時，是要結合地面的觀測資料來確定鷹群出現的時間、地點及鷹的數量，再從雷達影像中篩選出來，就全天空

照相影像而言，因為都是可見光的影像，所以也可以經過判識訓練達到判識的功能。

張委員學文：

全天空照相機的焦距是固定的？還是可以調整的？可不可能在雷達偵測到鷹群時，即時自動調整全天空照相機的焦距，進而拍到相對應的即時照片得到印證。

長榮大學賴信志主任回應：

全天空照相機的焦距是可以調整設定的，需要經過測試來決定。有關定位部分，將會經過施放氣球及拍照來進行定位測試之後，即可進行定位。至於結合雷達影像即時調整全天空照相機進行拍攝之功能，是本團隊的夢想，理論上只要有足夠的資料進行判識訓練，在程式撰寫上應該可以辦得到，這需要有一些經驗值來建立。

主持人李委員登志：

以下請黃委員提出意見，並請長榮大學賴主任回答。

黃委員朝慶：

對於這項計畫的內容個人比較陌生，但是與張委員一樣有一些技術上的問題及對經費編列的看法：

- 一、全天空照相機之焦距是否可以進行即時調整？拍攝的焦距長度是如何選定？採用全天空照相技術，是否是要用來取代人力的地面觀測？在秋季猛禽遷徙時，恆春半島的天候經常會有東北季風造成的落山風或是有颱風來襲，在全天空照相的過程中，要如何來克服這些拍攝上的困難？
- 二、在進行雷達影像初判的時候，會不會出現誤判？誤判的比例會不會很高？因為雷達影像上可能會同時呈現鷹群及鷺鷥

群等其他種類的候鳥。

三、在經費的部分，人事費用編列 91 萬元，請再加以說明。

四、在使用 Google Earth 進行展示的部分，是直接在 Google Earth 的系統中進行展示，還是在其他系統中進行展示？

長榮大學賴信志主任回應：

謝謝黃委員的意見，以下回應黃委員所提出的問題：

一、全天空照相機之照片、雷達回波值影像及人工地面觀測三者的資料是要進行互相比對，人工的觀測可能很難進行定位的工作，但是全天空照相機及氣象雷達二者可以進行定位，再加上人工地面觀測的輔助，想必對判定鷹群的位置是會比較有幫助的。

二、根據以往進行雷達回波處理過程的經驗，當然是會有誤判，所以才需要學習，本團隊會將全日照相機架設在這個地方長一點的時間，以便與雷達影像進行比對的學習過程，藉以學習在日後的研判系統中是否要把某些不是鷹群的雷達回波扣除，在這方面一定會有誤差，全世界再怎麼精確的系統也一定會有誤差存在，只是我們如何運用累積的經驗值將誤差降到最低。

三、有關人事費用的部分，在簡報中是比較簡略，在企劃書的第 23 頁有比較詳細的說明，煩請黃委員參考企劃書的經費配置內容。

四、運用 Google Earth 系統進行展示的部分，其實會有 2 種處理方式：1 種處理方式是提供 KMG 檔，將 KMG 檔放置在網站上提供下載之後使用，將下載之 KMG 檔在 Google Earth 系統執行；另外 1 種是製作 1 種固定時間之網頁立體動態檔，直接放置於網站中進行動態展示，例如：最近 6 個小時或是

更長時間的動態展示。若配合 Google Earth 系統是可以自由操控，進行水平及垂直方向的拉近或拉遠，進行 3D 的立體展示。但是，動態展示只能進行 2D 的平面展示。

主持人李委員登志：

以下有個小問題：經過多年的氣象雷達影像運用及配合地面人力調查，對於遷徙的猛禽數量及路徑已經能夠加以掌握，而本計畫主要是猛禽遷徙資訊的展示，若將全天空照相機設置在墾丁對遊客將無法提供預報的功能，希望能夠將全天空照相機之設置地點選在臺灣北部的陽明山，這樣可以提供預報的訊息給全國的民眾，以利民眾藉以推測安排南下賞鷹的旅遊行程。

長榮大學賴信志主任回應：

回應主持人的問題：全天空照相機的主要設置目的並非用於提供預報資訊，而是用來與氣象雷達回波資料及人工地面觀測資料進行比對，藉以達成系統的研判學習訓練。因此，設置在墾丁可以與目前經驗值資料最完整的墾丁氣象雷達站的資料進行比對，進而建立經驗值參數完成系統訓練，若是設置在北部與五分山氣象雷達站配合，則必需要重新進行經驗值的建立。最後據以提供猛禽遷徙資訊的資料來源，是來自中央氣象局的 4 個氣象雷達站，而不是來自全天空照相機，未來是由經驗參數成熟之研判程式，將來自氣象雷達之回波資料，轉化成對外提供的猛禽遷徙資訊，這些即時資訊的產生將不會使用到全天空照相機。未來氣象雷達資料的來源，甚至可能延伸到日本方面的琉球群島。

程委員建中：

經過上述計畫主持人的說明之後，大致上已經可以瞭解這項系統的建置計畫，在企劃書第 8 頁中提到以 CCD 拍攝的照片影像解析度是 512×512，1 張照片大約只有 26 萬畫素而已，還不到

1M，如果放大之後還可以使用嗎？

長榮大學賴信志主任回應：

回應程委員的問題：全天空照相機所拍攝的照片，影像儲存的資料有 2 種，1 種是原始資料，檔案相當大，另 1 種是經過處理之後轉化成檔案比較小的 512×512 畫素照片。處理過程是可以有 2 個不一樣的流程，1 個是以 512×512 畫素照片進行初判，另 1 個是使用原始資料進行研判。

張委員學文：

其實，最重要的是在拍攝的過程中所儲存的原始資料檔案大小，是否已經足夠供系統進行研判使用。

長榮大學賴信志主任回應：

確實，全天空照相機所拍攝的照片，其原始資料檔案相當大，可以從簡報中的不同畫面比較出二者的差異，未來要直接取用儲存的是原始資料檔案。

主持人李委員登志：

請承辦課保育研究課馬課長提出對本案的意見以供參考，並請賴主任回應。

保育研究課馬協群課長：

以下請教 2 個問題：

- 一、全天空照相機之運作方式及拍攝頻度，是否是每 30 秒鐘拍攝 1 張？是在猛禽遷徙的季節才拍攝，而且只分析地面觀測有鳥時的資料嗎？
- 二、未來成熟的展示系統，會多久時間展示 1 張影像與即時雷達回波資料的時間差大概有多久？

長榮大學賴信志主任回應：

以下回應馬課長所提出的問題：

- 一、全天空照相機之拍攝頻度，最高頻度是可以設到每 30 秒鐘拍攝 1 張，可以持續一直拍攝，預計至少會持續拍攝 1 個月，所有的資料除了儲存在硬碟之外，並會透過無線網卡隨時將資料傳回伺服器儲存在資料庫中。確實設定的拍攝頻度還要再討論，要視訓練過程中資料的提供是否足夠而定。分析時，當然是要選擇地面觀測有發現猛禽的資料來進行分析。
- 二、成熟的展示系統展示 1 張影像之頻度，需搭配氣象雷達的掃描時間，若依中央氣象局大約 18 分鐘收到 1 張氣象雷達影像的時間計算，再加上伺服器進行資料運算，最快 20 分鐘可以展示 1 張影像，實際的展示頻度，則要再計算及選定，目前還無法回答未來的確實展示時間是多久 1 張。

會議結論：本案評選結果，服務廠商長榮大學平均成績達到 80 分以上，經總出席評選委員過半數同意，通過評選合格，將簽奉本處處長或授權人核定後，以憑辦理後續議價事宜。

散會時間：98年3月25日下午16時正。

### 附錄 B 期中審查會議紀錄

98 年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦業務案  
期中簡報審查會議紀錄

開會日期：中華民國 98 年 7 月 30 日下午 14 時 0 分 記錄：蔡乙業

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持人：李登志

審查委員：

國立中山大學 張委員學文 (請假)

高雄醫學大學 程委員建中 程建中

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶 黃朝慶

出席單位及人員：

受委託單位 長榮大學  
賴信志 潘宜志 林燭凱

內政部營建署 (請假)

社團法人台灣猛禽研究會 (請假)

社團法人屏東縣野鳥學會 (請假)

墾丁國家公園管理處

陳立凱 李登志  
林瓊瑤 林子敏 薛文山

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

98年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦勞務案  
期中簡報審查會議紀錄

開會日期：中華民國98年7月30日下午14時0分 記錄：蔡乙榮

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持人：李登志（代理）

審查委員：

國立中山大學 張委員學文（請假）

高雄醫學大學 程委員建中

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶

出席單位及人員：

受委託單位 長榮大學 賴信志 潘貞杰 林順凱

內政部營建署（未派員）

社團法人台灣猛禽研究會（未派員）

社團法人屏東縣野鳥學會（未派員）

墾丁國家公園管理處 陳玄武 李登志 林瓊瑤 林文敏 簡文山

主席致辭：本會議為本處98年度委辦案之期中簡報審查會議，感謝程委員及黃委員2位外聘委員前來協助本案期中簡報審查工作，首先由業務課室進行報告，再請受委託單位長榮大學進行期中簡報。

業務課室報告：本案受委託單位已依約如期於98年7月31日前提出期中報告，並蒞處進行期中簡報，期中簡報審查聘有3位外聘審查委員，其中張委員因故無法出席，出席委員有2位。出席單位內政部營建署、社團法人台灣猛禽研究會及社團法人屏東縣野鳥學會，均未派員出席。

受委託單位簡報：計畫主持人長榮大學賴信志博士簡報（詳如：期中報告書）。

審查委員及與會人員提問：

代理主持人李副處長登志：

感謝本案計畫主持人長榮大學賴信志博士簡報，請黃委員先行提出對期中報告內容的意見。

黃委員朝慶：

墾丁國家公園管理處能夠有這樣的計畫，是相當值得肯定的，個人針對這項計畫的期中報告，有以下幾點看法：

- 一、使用全天空照相機所拍攝的照片對於確認雲是比較有效，至於鷹群的確認則比較困難，仍需要仰賴地面觀察的資料來加以確認。
- 二、全天空照相機對於拍攝高空的鷹群，有效的高度距離是多少？
- 三、簡報中全天空照相機所拍攝的照片中的2個Bar是什麼？
- 四、計畫執行至今，是否有遇到什麼問題？或是限制因素。

計畫主持人賴信志博士回應：

以下回應黃委員的建議：

- 一、春季已經使用的TSI-880型全天空照相機之解析度因為並不高，所以對拍攝高空之鷹群影像是有些困難。但是可以用在系統確認雲的訓練部分，並藉以濾除雷達影像中雲的訊號，留下的訊號就是實體飛行物。
- 二、在使用全天空照相機可以拍攝到高空鷹群的有效高度距離部分，本計畫曾經嘗試以施放紅色氣球的方式來加以測試，但是因為受選定的時間風向不適當，氣球飛行的路徑正好都是在Bar的影像部分，而沒有得到資料，秋季將會再進行氣球施放，同時也已經想了一些方法，將可以用來獲得相對應有效高度的距離。
- 三、全天空照片中的2個Bar，1個是遮陽板，會隨著太陽的移動位置

來跟著調整，以保護照相機的感光元件；另1個是方位的標示，指的方位是北方。

- 四、計畫執行至今確實有遇到一些問題，以4月25日為例，在上午8點左右在氣象雷達影像上可以發現正在經過的鷹群，但是在水泉國小一帶卻因為下雨的天氣影響，而無法拍攝到可用的影像，將會在秋季的時候採用人工擦拭的方式來加以解決。再者，是在秋季時風的影響將會很大，目前正在尋找各種可能的解決方法。關於系統訓練的部分，秋季將需要地面人力觀察資料的配合，提供系統所需要的一些時間、方位及數量等資料，這部分會安排專人在地面觀察點進行即時的觀察資料傳送到系統。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充回應：

以下針對部分的問題補充回應：

- 一、在雷達影像中，回波值可能代表3種意義：第1種是雲及雨等水氣；第2種是地形地物；第3種是不明飛行物。今年使用全天空照相機的主要目的是在濾除第1種及第2種的部分，濾除之後就剩下第3種不明飛行物的部分，再由地面的觀察資料來加以確認是否是鷹群。
- 二、明年將會再運用一些遙測的技術，使用數位相機搭配魚眼鏡頭，以2部數位相機朝空中拍攝照片，可以用來確認4至5公里內之影像，而赤腹鷹的飛行高度大約是在離地500公尺至1000公尺之間，採用高密度佈陣的方式進行拍攝，將可以用來證明第3種可能的存在，甚至獲得赤腹鷹群的飛行高度及路徑等資訊。氣象雷達、全天空照相機及數位相機這些技術是同時平行進行，今年以氣象雷達及全天空照相機為主，明年將再增加在恆春半島佈設3個數位相機拍攝點，以補足地面人力觀察的不足，所獲得的資訊將可以再用來處理今年的資料。

程委員建中：

看到墾丁國家公園能夠執行這樣的計畫，確實讓人期待，再加上有中央大學一起來協助，相信一定沒有問題。在各項技術層面上應該是沒有問題，有各種器材可以運用來完成這項計畫。就結論部分提出以下幾點個人的看法：

- 一、本計畫就理論上來看，應該沒有問題，在期末報告時，是否可以看到這些資訊，除了圖片的顯示之外，還能夠有一些數量化的資訊？
- 二、在下半年的計畫執行過程當中，是不是會有一些人員的配置，並

有一些記錄表格，要用什麼樣的器材來進行這些資料的蒐集，如：低空的風向及鷹群的方位等。是否已有固定記錄項目的格式化記錄表？

- 三、在資料判讀及展示的系統模式中，對於鷹群的種類及方位等資訊的提供，一定要有相當數量的數據資料，才能使資訊達到一定程度以上的準確度要求，是否可以針對這方面稍微解釋一下。

計畫主持人賴信志博士回應：

首先感謝程委員對於本計畫的肯定，其實這項計畫已經籌劃了很久，也蒐集了很多的資料，希望能夠將臺灣這項特殊的資源推銷到全世界。最近，潘貞杰博士只要出國都會對外宣傳這一項計畫，馬來西亞及泰國對這項計畫都有相當高的興趣。

以下先行回應部分問題：

- 一、在邏輯上，要由系統中來分辨鷹群的種類是赤腹鷹或灰面鵟鷹，是有困難。系統只能判斷回波值可能代表鳥的飛行路徑及隻數，但是還無法確認種類。計畫的目標，是當蒐集到一定數量的資料之後，能夠把鷹群的鷹隻數量表現出來。目前主要是先確認是鳥群的訊號，在透過系統來推估回波值量所代表的隻數有多少。
- 二、經由春季的經驗之後，對於秋季的部分是有相當大的期待，希望會有很好的成果，因此在秋季的人力部分，由原先預訂的2個人力增加到6個固定人力。希望能夠配合地面觀察進行資料蒐集，並斟酌經費的容許，增加其他的處理，如：每天在鷹群要南遷的時候，透過施放高空氣球來蒐集低空的風向資料。記錄的資料表已經做好了，但是還會再斟酌調整記錄的項目。
- 三、在資料判讀系統部分，需要很大的資料來進行系統的訓練，目前是採用四方切割的方法來進行訓練，包括：氣象雷達影像及全天空照相機的照片。一直在嘗試哪一種方法會比較好，因為目前春季的資料量太少，所以期待在秋季能夠有比較大量的資料來進行系統訓練。現在只有1個點的資料，應該不足以進行確認用，未來需要再增加不同點的資料，來提升系統訓練的成果。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

有關模式的部分，目前是使用雷達回波值來進行反推，這也是現在國際期刊中至2006年所採用的方式，比較少是使用地面觀測的方式。計畫的目標是要能呈現數據化的資訊，未來也希望能夠投稿至國際期刊。9月及10月將會搭配數位相機對空拍照，透過照片的處理分析來獲得模式的各項參數。透過同地點不同時間所拍攝的數位相片，

其實就可以將照片中雲的高度及移動的方向推算出來，也可以得到風向的資訊。現在準備工作已經完成了，就等9月及10月來進行實際的資料蒐集。最後一定會有定性的資料產生，並會更新以往舊的模式，也希望能夠將成果投稿至國際期刊。

程委員建中：

想再請教1個問題：鷹群是立體空間，而氣象雷達掃描影像是平面的，怎麼能夠使用氣象雷達掃描影像來進行鷹群的研究調查？

計畫主持人賴信志博士回應：

以下回應程委員的問題，氣象雷達是以不同仰角來進行平面掃描，每個仰角各掃描1圈360度，如：先行掃描0.5度，接著再掃描1.4度，大約每8分鐘可以產生1張圖，每個角度代表不一樣的高度。其實所得到的是有時間序列的立體空間資料，只是為了便於判讀的需要，所以是以平面影像來呈現。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

也可以這樣說，就是在看這些立體資訊時，是投影在平面上來看，而不同的仰角即代表不同的高度。

代理主持人李副處長登志：

請問在雷達影像上，不同大小的同心圓是代表什麼？是不是除了使用數位相機的部分之外，都是自動化處理？全天空照相機的價格大約是多少？

計畫主持人賴信志博士回應：

雷達影像上不同大小的同心圓是代表與雷達站的不同距離，由內往外分別是12.5公里、25公里、37.5公里及50公里。同樣仰角的時候，越往外圍代表高度越高。本計畫除了使用數位相機的部分之外，全天空照相機及氣象雷達站的部分資料量都相當的大，所以都是採用自動化處理，系統伺服器是設置在臺南，透過網路來控制水泉國小的全天空照相機及傳輸全天空的照片與氣象雷達站的影像資料，幾乎都是即時的資料。目前，雖然系統還在訓練階段，工作團隊希望在秋季時，就能開始讓整個資訊系統開始全面運作，先行進行測試。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

設置在水泉國小的全天空照相機價格大約是120萬元，準備要由

鹿林山運下來使用的全天空照相機則是千萬級，可以清楚的拍攝到80幾公里遠的影像。

計畫主持人賴信志博士補充：

設置在水泉國小的全天空照相機，因為在春季時是全天使用，所以在中午時使得儀器溫度過高而燒毀了部分零件，目前正在維修。如何解決儀器溫度過高的問題，將會是未來急需處理的問題。

解說教育課林約聘解說員瓊瑤：

在期中報告中提到因為受到地形的影響，所以墾丁氣象雷達站所掃描得到的影像會有死角，在未來使用的3個氣象雷達也會有相同的問題嗎？要如何解決？

計畫主持人賴信志博士回應：

本計畫目前只使用墾丁氣象雷達的資料，未來是使用臺灣目前的4個氣象雷達站的資料。有關因為地形所造成的死角問題，將可以由鷹群飛行路徑的下個臨近雷達站來試著獲得資料，但是還是會受到一些時間及飛行高度等因素影響，因此最好能夠有其他地點的地面人力觀察資料來加以驗證。目前的計畫工作就是先以墾丁氣象雷達站的資料來進行系統模式的訓練，以獲得參數值，未來再套用到其他的氣象雷達站資料，甚至與日本琉球群島的氣象雷達站進行串連。

保育研究課陳技士玄武：

其實這項計畫真得不錯，若是能夠成功的話，將會是一大突破。以下提出幾點問題：

- 一、為何全天空照相機設置在水泉國小？位於恆春半島的西側，而不是在中間，或是東側。
- 二、雲及猛禽在全天空照片中，還是無法進行區別。
- 三、在全天空照片中是晴天時，為何在雷達影像上仍會有藍色的點？
- 四、將來在使用系統時，使用者是否一定要註冊才能夠使用？在系統的使用者層級上，是不是可以增設一般級使用者？
- 五、有關全天空照相機的鏡頭上沾水的問題，是否有自動擦拭的設備？

計畫主持人賴信志博士回應：

以下回應陳技士的建議及問題：

- 一、將全天空照相機設置在水泉國小有幾個考量因素，一則可以進行

- 自動化傳輸，二則四周無遮蔽，經過勘查幾個地點之後，只有水泉國小符合這些條件。
- 二、在全天空照片中，雲及鷹群的辨識問題上，主要的問題在雲的邊緣部分，這部分雲及鷹群在全天空照片中還是無法區別。
  - 三、雷達影像上的藍色部分，是代表回波強度很低的部分，一般深藍色的部分，有可能是海浪。在氣象局的一般資料中，是會設定一些門檻值來加以濾除，但是本計畫中還是會完全留下來，因為這些資訊都是有用的。
  - 四、未來系統的使用層級，是可以加入只要瀏覽網頁資料而不需要進行註冊的一般使用者。其實要求進行註冊，主要是為了安全考量，可以增加安全性避免系統及資料庫可能遭受到破壞及可以統計使用者的人數。
  - 五、目前全天空照相機並沒有自動擦拭鏡頭的設備，可能還是要採用人力來進行擦拭。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

有關在晴天時，出現在雷達影像上的藍點部分，這是因為雷達是發射電磁波，回波值就是電磁波碰到物體之後反射回來的量，回波值會被忠實的記錄下來及顯示在雷達影像上。

業務承辦人保育研究課蔡技士乙榮說明：

有關簡報中提及春季的紀錄中沒有方位及距離的資料部分，可能是因為春季調查時所採用的表格是猛禽研究會一般所使用的表格，秋季時會請猛禽研究會的調查人員採用本處的定點調查記錄表，就可以解決方位及距離資料的問題。

計畫主持人賴信志博士補充：

在進行本計畫的過程中，發現低空的量測其實也蠻重要的，由氣象雷達雖然可以得到高空的風向資料，但是在低空的部分因為受到地形及高度等因素的影響，風向並不一定，一般會朝向地面的熱點，而鷹群也會尋找上升氣流來盤高，若是像國外使用追風氣球來進行量測，應該是可以量測出來，這是個不錯的學習，有機會的話，應該可以嘗試一下。

會議結論：簡報到此結束，期中報告審查通過。

散會時間：98年7月30日下午15時30分。

## 附錄C 期末審查會議紀錄

98 年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦勞務案  
期末簡報審查會議紀錄

開會日期：中華民國 98 年 11 月 30 日上午 10 時 0 分 記錄：蔡乙筆

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持人：林青

審查委員：

國立中山大學 張委員學文 (請假)

高雄醫學大學 程委員建中 (請假)

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶

黃朝慶

出席單位及人員：

受委託單位 長榮大學

賴信志 潘信志 鄧仁品 林愷凱  
內政部營建署 (未派員)

社團法人台灣猛禽研究會 (未派員)

社團法人屏東縣野鳥學會 (未派員)

墾丁國家公園管理處

馬協祥 郭筱清 傅信宏 林文敏

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

98年度「墾丁國家公園猛禽遷徙資訊系統建置計畫」委辦勞務案  
期末簡報審查會議紀錄

開會日期：中華民國 98 年 11 月 30 日上午 10 時 0 分 記錄：蔡乙榮

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持人：林青

審查委員：

國立中山大學 張委員學文（請假）

高雄醫學大學 程委員建中（請假）

特有生物研究保育中心 黃委員朝慶

出席單位及人員：

受委託單位 長榮大學 賴信志 潘貞杰 鄧仁星 林順凱

內政部營建署（未派員）

社團法人台灣猛禽研究會（未派員）

社團法人屏東縣野鳥學會（未派員）

墾丁國家公園管理處 馬協群 郭筱清 陳信宏 林文敏

主席致辭：感謝黃委員前來協助本處98年度委辦案之期末簡報審查，首先由業務課室進行報告，再請受委託單位長榮大學進行期末簡報，對於審查所提出之問題，採統問統答方式進行。

業務課室報告：本案受委託單位已依約如期於98年11月30日前提出期末報告，並蒞處進行期末簡報，期末簡報審查聘有3位外聘審查委員，其中張委員及程委員因故無法出席，僅有黃委員出席。出列席單位內政部營建署、社團法人台灣猛禽研究會及社團法人屏東縣野鳥學會，均未派員出席。本次會議有來自馬來西亞的2位研究生與受委託單位一同出席，是否同意馬來西亞研究生進行錄影蒐集本計畫相關資料？敬請主席裁示。

主席裁示：歡迎2位來自馬來西亞的研究生，本處同意以錄影方式進行本計畫之相關資料蒐集。

受委託單位簡報：計畫主持人長榮大學賴信志博士簡報（詳如：期末報告書）。

審查委員及與會人員提問：

主持人林處長青：

感謝本案計畫主持人長榮大學賴信志博士簡報，請黃委員先行提出對期末報告內容的意見之後，再由本處同仁提出問題。

黃委員朝慶：

個人針對這項計畫的期末報告，有以下3個問題請教：

- 一、運用這套資訊系統，是否能夠知道在雲層上方鷹群的飛行高度？
- 二、在系統的建置過程中，所使用的全天空照相機設備，其購置費用相當的高，未來若是管理處沒有經費可以添購設備的話，系統還能順利運作嗎？
- 三、系統在辨識鷹群時，若是遇到天空中有雲的時候，辨識率會比較低，未來這個問題可以獲得解決嗎？

計畫主持人賴信志博士回應：

以下回應黃委員所提出的3個問題：

- 一、當鷹群飛行在兩層雲之間時，因為雷達會收到雲的回波，而且無法區別出鷹群的回波，因此在這種情形之下無法得知鷹群的飛行高度。
- 二、在猛禽遷徙資訊系統的建置過程中，所使用的全天空照相機設備，其購置費用確實相當的高，但是只需要在系統建置的訓練過

程使用，未來在完成系統建置及使用系統時，管理處並不需要編列經費來購買全天空照相機。

- 三、系統在辨識鷹群時，若是遇到天空中有雲的時候，確實辨識率會比較低，但是系統在建置的過程中，會蒐集相當多的資料來進行系統辨識鷹群能力的訓練，未來系統的辨識能力將會提高，當提供做為訓練的素材越多，系統的辨識率也會相對的越準確。

保育研究課馬課長協群：

以下提出幾點問題請教：

- 一、從回波值中挑出雲之後，雷達回波影像中還存在的影像是什麼？
- 二、氣象雷達可以偵測到的鷹群，最低數量是多少？
- 三、未來系統運作時，如何取得中央氣象局的即時資料？
- 四、猛禽遷徙資訊系統的展示網頁架構中，全天空照相機及魚眼相機所拍攝之照片，在完成系統訓練之後，就不會再使用到這些照片了嗎？
- 五、猛禽遷徙資訊系統的展示網頁中，最後是使用怎樣的圖像呈現？
- 六、氣象雷達所收到的回波值，是否為不固定值？

計畫主持人賴信志博士回應：

以下先行回應馬課長所提出的部分問題：

- 一、將雷達回波影像中的雲挑出之後，還存在的影像是濾過之後殘留的雜訊部分，已經不屬於辨識的範圍，但是有助於未來之辨識使用，未來的展示與目前的辨識訓練是有區隔的，雜訊的影像不會在展示的部分呈現。
- 二、氣象雷達可以偵測到的鷹群最低數量是多少？這還需要再經過精算之後，才能確定。
- 三、在完成系統訓練之後，未來猛禽遷徙資訊系統的展示網頁架構中，全天空照相機及魚眼相機所拍攝的照片都不會出現在展示平台，但是若管理處認為要將這些資料也一併呈現的話，還是可以保留在系統的展示架構中。
- 四、猛禽遷徙資訊系統的展示網頁中，最後以不同大小及數量的猛禽示意圖像來標示猛禽的數量及所在的位置。
- 五、氣象雷達所收到的回波值，是不固定的值，完全要看雷達波所遇到的物體大小所反射的回波強度而定。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

回波值是由雷達所收到來自物體反射的電波值呈現，這些造成反

射電波的物體，包括：雲、浪及其他可能反射電波的物體。

計畫研究員鄧仁星博士補充：

來自太陽的電磁波也會呈現在回波值的影像上，在不同的高度及在不同的距離，都會有所差異。未來系統運作時，只要由管理處行文向中央氣象局申請，應該就可以無償使用中央氣象局所屬氣象雷達站的即時資料。

南仁山管理站林主任文敏：

- 一、猛禽遷徙資訊系統建置完成之後，是展示即時的猛禽遷徙資訊嗎？
- 二、若有機會獲得日本方面的資料，系統是否可以進行判讀？

計畫主持人賴信志博士回應：

- 一、未來系統建置完成之後，是展示即時的猛禽遷徙資訊。
- 二、設於日本琉球群島的氣象雷達站，是很好的參考資料來源，未來若能夠取得，將可以協助提供臺灣本島現有4個氣象雷達站所涵蓋範圍以外的資訊。

計畫協同主持人潘貞杰博士補充：

最近菲律賓將在巴丹群島建立氣象雷達站，未來若能取得巴丹的資料，對於瞭解經過臺灣的猛禽遷徙情形，將會很有幫助。

主持人林處長青：

請問第1年已經完成的系統部分，可以用來推算猛禽的數量嗎？

計畫協同主持人潘貞杰博士回應：

目前若要推算猛禽的數量，可以使用以往由屏東科技大學運用墾丁氣象雷達站的回波值資料及管理處的地面觀察資料所建立的迴歸模式進行推算。本計畫第1年的工作，是進行將來自雲的回波由氣象雷達回波中抽離，屬於系統的辨識訓練階段。

主持人林處長青：

- 一、目前林務局是否有類似的計畫正在進行？
- 二、系統建置完成後，未來可否應用於其他的鳥種？
- 三、希望受委託單位在報告書中，提出未來的工作項目，以供本處預做準備。
- 四、系統在資料的使用上，是否需要協調其他的機關協助配合？

業務承辦人保育研究課蔡技士乙榮說明：

目前林務局正在進行的相關計畫，是運用衛星定位追蹤發報器來瞭解灰面鵟鷹的遷徙路線，進而找出繁殖地點與渡冬地點，該計畫比較偏向學術研究性質。本處的猛禽遷徙資訊系統建置計畫，是屬於提供即時資訊給一般民眾使用的運用性質。

計畫主持人賴信志博士回應：

- 一、本系統建置計畫，98年度是第1年，預訂3年完成。
- 二、系統建置完成後，未來可以再蒐集其他鳥類的資料，進行類似的辨識訓練與系統建置，技術上應該可以辦得到。
- 三、系統在建置的過程中，目前並沒有配合上的問題，未來將會使用到民航局的助航台，已經有先行徵得同意，使用上沒有問題。

會議結論：期末報告審查原則通過，請依委員意見再行核對及修正。

散會時間：98年11月30日上午11時50分。

## 附錄 D 雷達資料清冊

觀測拍攝時間取 5 點 00 分至 14 點 53 分共 10 個小時，每小時計有 8 個拍攝時間點，一個時間點雷達資料圖有 6 筆，故一個雷達一日所得雷達資料為 480 筆。本計畫執行期間收集墾丁、七股及花蓮三顆雷達，雷達資料分別如下所示：

### 墾丁雷達

墾丁雷達在 98 年度觀測期間，資料分別有 4 月、9 月、10 月三個月份，雷達回波影像三個月總計為 33631 筆，共缺 2369 筆。以下列出各月份資料數量：四月份雷達回波共計為 6048 筆，缺 672 筆；九月份雷達回波共計 13900 筆，缺 500 筆；十月份雷達回波共計 13683 筆，缺 1197 筆。

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
2009/04/13	05:00-14:53	462	11:23、12:30、 13:15	
2009/04/14	05:00-14:53	468	07:30、14:53	
2009/04/15	05:00-14:53	468	09:15、13:38	
2009/04/16	05:00-14:53	468	07:23、07:53	
2009/04/17	05:00-14:53	438	08:08、08:15、 08:30-08:53、 09:00	
2009/04/18	05:00-14:53	420	05:38、06:45、 07:53、08:38、 09:00、10:08、 11:15、12:23、 13:30、14:38	
2009/04/19	05:00-14:53	402	05:08、06:08、 07:08、08:08、	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
			08:53、09:08、 09:30、10:08、 11:08、12:08、 13:08、13:38、 14:08	
2009/04/20	05:00-14:53	420	05:08、06:08、 07:08、08:08、 09:08、10:08、 11:08、12:08、 13:08、14:08	
2009/04/21	05:00-14:53	420	05:08、06:08、 07:08、08:08、 09:08、10:08、 11:08、12:08、 13:08、14:08	
2009/04/22	05:00-14:53	420	05:08、06:08、 07:08、08:08、 09:08、10:08、 11:08、12:08、 13:08、14:08	
2009/04/23	05:00-14:53	324	05:08、06:08、 06:23、 06:38-06:53、 07:00-07:15、 07:30-07:53、 08:00-08:45、 09:08、10:08、 11:08、12:08、 13:08、14:08	
2009/04/24	05:00-14:53	444	05:08、08:08、 11:08、11:23、	

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
			13:23、14:08	
2009/04/25	05:00-14:53	444	05:08、08:08、 11:08、13:15、 13:30、14:08	
2009/04/26	05:00-14:53	450	05:08、06:38、 08:08、11:08、 14:08	
4 月份總計		6048		
2009/09/01	05:00-14:53	468	06:15、10:53	
2009/09/02	05:00-14:53	480		
2009/09/03	05:00-14:53	480		
2009/09/04	05:00-14:53	480		
2009/09/05	05:00-14:53	474	08:38	
2009/09/06	05:00-14:53	474	14:15	
2009/09/07	05:00-14:53	480		
2009/09/08	05:00-14:53	480		
2009/09/09	05:00-14:53	474	13:08	
2009/09/10	05:00-14:53	480		
2009/09/11	05:00-14:53	480		
2009/09/12	05:00-14:53	467	09:53_DZ、 10:00、10:08	
2009/09/13	05:00-14:53	474	11:30	
2009/09/14	05:00-14:53	474	11:30	
2009/09/15	05:00-14:53	480		
2009/09/16	05:00-14:53	480		
2009/09/17	05:00-14:53	480		
2009/09/18	05:00-14:53	480		

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
2009/09/19	05:00-14:53	480		
2009/09/20	05:00-14:53	408	07:53、10:53、 11:00、11:53、 12:00-12:53	
2009/09/21	05:00-14:53	480		
2009/09/22	05:00-14:53	480		
2009/09/23	05:00-14:53	480		
2009/09/24	05:00-14:53	480		
2009/09/25	05:00-14:53	480		
2009/09/26	05:00-14:53	480		
2009/09/27	05:00-14:53	474	08:45	
2009/09/28	05:00-14:53	480		
2009/09/29	05:00-14:53	479	10:38_VE	
2009/09/30	05:00-14:53	114	06:15、 07:30-07:53、 08:00-14:53	
9月份總計		13900		
2009/10/01	05:00-14:53	438	05:00-05:38、 09:15	
2009/10/02	05:00-14:53	480		
2009/10/03	05:00-14:53	480		
2009/10/04	05:00-14:53	402	05:00-06:23、 11:23	
2009/10/05	05:00-14:53	474	09:38	
2009/10/06	05:00-14:53	420	05:53、06:08、 06:23、06:38、 06:45、12:45、	

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
			12:53、 13:00-13:15	
2009/10/07	05:00-14:53	474	11:53	
2009/10/08	05:00-14:53	474	10:30	
2009/10/09	05:00-14:53	438	10:15、10:30、 10:45-11:15	
2009/10/10	05:00-14:53	454	06:38、08:53、 09:00_DZ、 09:45、11:23、 14:45_VE	
2009/10/11	05:00-14:53	432	05:53、06:53、 07:45、08:23、 10:15、11:30、 13:38、14:53	
2009/10/12	05:00-14:53	432	05:30、08:38、 09:08、10:23、 10:38、10:45、 11:53、14:45	
2009/10/13	05:00-14:53	456	06:15、06:53、 07:08、08:53	
2009/10/14	05:00-14:53	402	11:00、11:23、 11:53-12:38、 12:53-13:08、 13:23	
2009/10/15	05:00-14:53	468	08:38、09:38	
2009/10/16	05:00-14:53	468	11:23、14:38	
2009/10/17	05:00-14:53	450	06:15、06:38、 07:15、09:45、 10:38	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
2009/10/18	05:00-14:53	474	10:38	
2009/10/19	05:00-14:53	480		
2009/10/20	05:00-14:53	450	05:08、05:53、 07:08、08:38、 11:23	
2009/10/21	05:00-14:53	156	05:00-11:23、 12:08、14:08	
2009/10/22	05:00-14:53	341	05:08、 05:45_SW、 06:08、07:08、 08:30-10:45、 11:08	
2009/10/23	05:00-14:53	456	05:08、08:08、 10:30、12:08	
2009/10/24	05:00-14:53	474	09:08	
2009/10/25	05:00-14:53	480		
2009/10/26	05:00-14:53	480		
2009/10/27	05:00-14:53	444	07:23、09:08、 11:53、12:08、 13:08、14:08	
2009/10/28	05:00-14:53	432	05:08、 05:53-06:15、 07:08、08:08、 13:08	
2009/10/29	05:00-14:53	480		
2009/10/30	05:00-14:53	468	09:08、13:08	
2009/10/31	05:00-14:53	426	05:08、06:08、 07:08、08:08、	

日期	觀測時間	回波影像筆數	缺漏時間	備註
<div style="text-align: right; padding-right: 50px;">                     10:08、11:08、                      12:08、13:08、                      14:08                 </div>				
<b>10 月份總計</b>		<b>13683</b>		

**七股雷達**

七股雷達在 98 年度觀測期間，資料分別有 4 月、9 月、10 月三個月份，雷達回波影像三個月總計為 34054 筆，共缺 1946 筆。以下列出各月份資料數量：四月份雷達回波共計為 6612 筆，缺 108 筆；九月份雷達回波共計 13786 筆，缺 614 筆；十月份雷達回波共計 13656 筆，缺 1224 筆。

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
2009/04/13	05:00-14:53	468	08:00、11:00	
2009/04/14	05:00-14:53	456	11:30、11:53、 13:38、14:00	
2009/04/15	05:00-14:53	462	06:45、09:38、 11:08	
2009/04/16	05:00-14:53	474	14:23	
2009/04/17	05:00-14:53	474	14:53	
2009/04/18	05:00-14:53	480		
2009/04/19	05:00-14:53	474	09:38	
2009/04/20	05:00-14:53	480		
2009/04/21	05:00-14:53	480		
2009/04/22	05:00-14:53	468	08:23、11:53	
2009/04/23	05:00-14:53	474	10:00	
2009/04/24	05:00-14:53	474	07:53	
2009/04/25	05:00-14:53	480		
2009/04/26	05:00-14:53	468	06:00、09:38	
<b>4 月份總計</b>		6612		
2009/09/01	05:00-14:53	462	07:08、09:45、 10:23	
2009/09/02	05:00-14:53	462	07:08、07:15、	

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			12:30	
2009/09/03	05:00-14:53	468	06:45、12:45	
2009/09/04	05:00-14:53	444	11:53、12:53、 13:23、13:53、 14:23、14:53	
2009/09/05	05:00-14:53	480		
2009/09/06	05:00-14:53	480		
2009/09/07	05:00-14:53	480		
2009/09/08	05:00-14:53	480		
2009/09/09	05:00-14:53	474	06:08	
2009/09/10	05:00-14:53	467	08:52_DZ、 09:00、09:08	
2009/09/11	05:00-14:53	462	07:30、12:53、 14:45	
2009/09/12	05:00-14:53	468	10:00、10:08	
2009/09/13	05:00-14:53	474	06:53	
2009/09/14	05:00-14:53	480		
2009/09/15	05:00-14:53	480		
2009/09/16	05:00-14:53	480		
2009/09/17	05:00-14:53	480		
2009/09/18	05:00-14:53	480		
2009/09/19	05:00-14:53	480		
2009/09/20	05:00-14:53	420	10:53、11:00、 11:53-12:45	
2009/09/21	05:00-14:53	474	06:08	
2009/09/22	05:00-14:53	480		

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
2009/09/23	05:00-14:53	480		
2009/09/24	05:00-14:53	480		
2009/09/25	05:00-14:53	444	06:23-07:00	
2009/09/26	05:00-14:53	479	12:15_VE	
2009/09/27	05:00-14:53	480		
2009/09/28	05:00-14:53	474	13:15	
2009/09/29	05:00-14:53	474	06:30	
2009/09/30	05:00-14:53	120	07:30-14:53	
9 月份總計		13786		
2009/10/01	05:00-14:53	462	06:15、14:00、 14:30	
2009/10/02	05:00-14:53	474	06:08	
2009/10/03	05:00-14:53	480		
2009/10/04	05:00-14:53	462	06:15、08:00、 08:30	
2009/10/05	05:00-14:53	468	07:53、10:38	
2009/10/06	05:00-14:53	474	13:15	
2009/10/07	05:00-14:53	480		
2009/10/08	05:00-14:53	474	10:30	
2009/10/09	05:00-14:53	450	10:15、10:30、 10:45、11:00、 11:15	
2009/10/10	05:00-14:53	438	05:00、05:18、 06:23、07:30、 08:23、09:15、 10:38	

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
2009/10/11	05:00-14:53	414	05:15、05:38、 06:38、06:45、 09:00、09:15、 10:53、11:15、 14:15、14:23、 14:53	
2009/10/12	05:00-14:53	420	05:08、07:23、 07:53、08:08、 08:38、09:38、 09:45、10:15、 12:53、14:38	
2009/10/13	05:00-14:53	372	05:53、06:08、 06:38、06:53、 07:38、08:23、 09:38、09:53、 10:15、10:23、 11:23、11:53、 12:45、12:53、 13:45、13:53、 14:30、14:38	
2009/10/14	05:00-14:53	384	09:23、11:00、 11:08、11:23、 11:53-12:38、 13:00-13:23、 13:53	
2009/10/15	05:00-14:53	318	05:00-08:00、 09:08、12:45	
2009/10/16	05:00-14:53	450	05:45、06:38、 07:08、12:23、 12:30	
2009/10/17	05:00-14:53	456	06:23、06:53、	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			08:15、08:45	
2009/10/18	05:00-14:53	468	11:15、11:53	
2009/10/19	05:00-14:53	456	06:15、07:45、 08:38、11:30	
2009/10/20	05:00-14:53	456	06:23、09:38、 10:23、11:53	
2009/10/21	05:00-14:53	186	05:00-08:53、 09:00-09:38、 10:00-10:15、 10:30-11:23	
2009/10/22	05:00-14:53	354	08:30-10:45、 11:08、11:15	
2009/10/23	05:00-14:53	468	09:53、13:45	
2009/10/24	05:00-14:53	480		
2009/10/25	05:00-14:53	474	11:53	
2009/10/26	05:00-14:53	480		
2009/10/27	05:00-14:53	474	07:23	
2009/10/28	05:00-14:53	444	05:53-06:15、 08:23、11:53	
2009/10/29	05:00-14:53	480		
2009/10/30	05:00-14:53	480		
2009/10/31	05:00-14:53	480		
<b>10 月份 總計</b>		<b>13656</b>		

### 花蓮雷達

花蓮雷達在 98 年度觀測期間，資料分別有 9 月與 10 月二個月份，雷達回波影像二個月總計為 26632 筆，共缺 2648 筆。以下列出各月份資料數量：九月份雷達回波共計 12922 筆，缺 1478 筆；十月份雷達回波共計 13710 筆，缺 1170 筆。

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
2009/09/01	05:00-14:53	480		
2009/09/02	05:00-14:53	444	05:53、07:23、 09:38、10:00、 10:15、11:08	
2009/09/03	05:00-14:53	342	06:38-06:53、 07:00-08:30、 08:45、09:15、 10:00、10:23、 11:15、12:23、 12:45	
2009/09/04	05:00-14:53	426	06:23、09:53、 10:23、11:23、 11:45、12:08、 13:45、14:15、 14:53	
2009/09/05	05:00-14:53	480		
2009/09/06	05:00-14:53	468	08:00、09:45	
2009/09/07	05:00-14:53	450	07:38、11:00、 12:00、14:15、 14:30	
2009/09/08	05:00-14:53	456	06:23、10:38、 11:00、14:45	
2009/09/09	05:00-14:53	456	06:38、07:23、 07:45、08:45	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
2009/09/10	05:00-14:53	420	05:30、05:45、 06:08、06:38、 07:00、07:23、 11:15、12:30、 12:53、13:30	
2009/09/11	05:00-14:53	449	06:08、09:38、 12:53、 14:33_VE、 14:38、14:45	
2009/09/12	05:00-14:53	456	05:45、06:00、 10:45、14:08	
2009/09/13	05:00-14:53	462	05:00、07:08、 07:30	
2009/09/14	05:00-14:53	468	09:30、14:08	
2009/09/15	05:00-14:53	468	08:00、10:15	
2009/09/16	05:00-14:53	480		
2009/09/17	05:00-14:53	462	09:08、11:08、 12:08	
2009/09/18	05:00-14:53	450	06:15、07:30、 11:23、14:08、 14:45	
2009/09/19	05:00-14:53	408	05:08、05:23、 05:53、06:23、 06:38、07:00、 08:08、09:15、 10:00、11:45、 12:00、12:30	
2009/09/20	05:00-14:53	420	09:45、10:53、 11:53、	

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			12:00-12:45	
2009/09/21	05:00-14:53	390	06:38、07:38、 07:53、 08:45-09:00、 09:23、11:30、 11:45、 13:15-13:30、 13:53、14:30、 14:38	
2009/09/22	05:00-14:53	474	13:08	
2009/09/23	05:00-14:53	414	05:00-05:30、 08:23、09:23、 10:08、11:23、 11:38、14:30	
2009/09/24	05:00-14:53	444	08:08、10:30、 10:45、13:08、 14:08、14:23	
2009/09/25	05:00-14:53	468	12:00、14:00	
2009/09/26	05:00-14:53	462	06:00、06:08、 08:08	
2009/09/27	05:00-14:53	432	07:00、07:30、 08:15、09:00、 09:23、10:00、 10:23、12:00、 13:00、13:30、 14:00	+11:59 +12:59 +13:59
2009/09/28	05:00-14:53	473	08:07_DZ、 13:53	
2009/09/29	05:00-14:53	420	06:23、07:00、 10:38、	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			12:38-12:53、 13:00、13:08、 13:23、13:30	
<b>2009/09/30</b>	05:00-14:53	0	05:00-14:53	
<b>9 月份總計</b>		12922		
<b>2009/10/01</b>	05:00-14:53	462	09:45、12:00、 13:30	
<b>2009/10/02</b>	05:00-14:53	468	11:30、11:53	
<b>2009/10/03</b>	05:00-14:53	480		
<b>2009/10/04</b>	05:00-14:53	456	05:53、07:30、 07:45、10:38	
<b>2009/10/05</b>	05:00-14:53	480		
<b>2009/10/06</b>	05:00-14:53	426	06:45、09:15、 12:38-12:53、 13:00-13:15、 13:30	
<b>2009/10/07</b>	05:00-14:53	474	11:38	
<b>2009/10/08</b>	05:00-14:53	474	10:30	
<b>2009/10/09</b>	05:00-14:53	420	06:38、 10:15-10:53、 11:08-11:23	
<b>2009/10/10</b>	05:00-14:53	444	06:00、06:23、 08:45、09:38、 10:45、11:00	
<b>2009/10/11</b>	05:00-14:53	372	05:15、05:45、 06:53、07:23、 07:38、08:30、 08:38、10:08、	

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			11:45、11:53、 12:08、12:38、 12:53、13:08、 13:30、13:53、 14:15、14:23	
2009/10/12	05:00-14:53	438	05:08、07:15、 07:53、10:15、 10:30、12:15、 12:30	
2009/10/13	05:00-14:53	444	05:53、 06:38-06:53、 07:23、11:08	
2009/10/14	05:00-14:53	450	05:53、06:38、 08:53、13:45、 13:53	
2009/10/15	05:00-14:53	444	05:30、07:15、 08:00、08:08、 09:15、14:23	
2009/10/16	05:00-14:53	468	06:38、10:53	
2009/10/17	05:00-14:53	468	05:08、08:23	
2009/10/18	05:00-14:53	432	05:45、06:30、 08:15、09:15、 09:45、10:15、 10:45、11:15	
2009/10/19	05:00-14:53	462	07:00、11:53、 12:53	
2009/10/20	05:00-14:53	462	08:15、09:30、 12:23	
2009/10/21	05:00-14:53	162	05:00-10:53、 11:00-11:23、	

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	觀測時間	雷達回波筆數	缺漏時間	備註
			12:23	
2009/10/22	05:00-14:53	318	05:00、06:00、 08:00、 08:30-08:53、 09:00-10:53、 11:00-11:23	
2009/10/23	05:00-14:53	462	09:00、12:08、 13:38	
2009/10/24	05:00-14:53	480		
2009/10/25	05:00-14:53	462	06:08、07:53、 11:53、13:00	+12:59
2009/10/26	05:00-14:53	468	05:38、11:45	
2009/10/27	05:00-14:53	468	05:00、07:23	
2009/10/28	05:00-14:53	450	05:53、 06:00-06:15、 13:00	
2009/10/29	05:00-14:53	480		
2009/10/30	05:00-14:53	480		
2009/10/31	05:00-14:53	456	05:30、05:45、 09:15、09:30	
10 月份總計		13710		

## 附錄 E 全天空影像資料清冊

中大全天空照相機 001

中大全天空照相機拍攝日期為 09/02 至 10/13，這期間的更名總照片數量為 1290，實際照片總數量為 3146。以下為各日期的詳細清單：

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/02	05:30-10:30	33	86	05:30-06:23	拍攝第一天，相機 操作問題
2009/09/03	05:30-11:00	45	92		
2009/09/04	05:30-11:00	45	94		
2009/09/05	05:30-10:30	41	82		
2009/09/06	05:30-11:30	49	98		
2009/09/07	05:30-10:30	41	90		
2009/09/08	05:30-12:00	53	110		
2009/09/09	05:30-12:00	52	124	07:08	飄雨
2009/09/10	05:30-12:00	53	138		
2009/09/11	05:45-12:00	24	76	06:08、 06:53-10:00	飄雨
2009/09/12	09:30-12:00	22	48		
2009/09/14	06:30-13:00	53	128		
2009/09/15	05:30-12:23	55	134	10:53	飄雨
2009/09/16	05:30-12:30	57	126		
2009/09/17	05:30-12:00	50	182		
2009/09/18	05:30-12:23	56	132		
2009/09/19	05:30-12:00	53	140		
2009/09/20	05:30-08:53	18	40	07:53-08:30	飄雨
2009/09/21	05:30-12:45	59	168		

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/22	05:30-12:00	51	124	07:45-07:53	飄雨
2009/09/23	05:30-12:00	41	86	06:00、06:15、 08:35、08:53、 09:00-09:08、 09:53-10:23、 10:45	飄雨
2009/09/24	07:08-12:00	27	54	07:23-08:30、 09:00-09:15	飄雨
2009/09/25	05:30-12:00	52	106	08:53	飄雨
2009/09/26	05:30-12:00	52	112		
2009/09/27	10:30-10:53	4	10		
2009/09/28	05:30-11:38	27	94	06:23、 06:53-07:38、 07:53-08:00、 09:23-10:38	飄雨
2009/09/29	09:08-10:30	9	64	10:15-10:38	飄雨
2009/09/30	08:15-12:30	29	58		
2009/10/01	05:30-12:00	47	108	07:45-08:00、 11:38-11:53	飄雨
2009/10/02	05:30-12:08	54	152		
2009/10/09	11:30-12:30	9	16	11:30-11:45	拍攝 1 小時對照 組，飄雨
2009/10/10	08:00-09:00	9	24		拍攝 1 小時對照 組
2009/10/11	08:30-09:30	9	24		拍攝 1 小時對照 組
2009/10/13	08:38-09:53	11	26		拍攝 1 小時對照 組

(註 1：實際照片為每個時間點拍照完，會檢查照片是否有曝光等問題，若有問題則立即調整光

圈與快門，馬上補拍照片；而更名照片則從實際照片中的每個時間點的照片，選擇一張適合的照片，作為更名並上傳圖片。

註 2：09/13 為整天都下雨；10/4 至 10/7 為颱風天。

註 3：10/01 至 10/31 則改由全天空照相機拍攝；10/09 至 10/11、10/13 則是拍攝 1 小時對照全天空雲圖)

### 中大全天空照相機 002

中大全天空照相機拍攝日期為 09/02 至 10/13，這期間的更名總照片數量為 1290，實際照片總數量為 3256。以下為各日期的詳細清單：

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/02	05:30-10:30	33	94	05:30-06:23	拍攝第一天
2009/09/03	05:30-11:00	45	90		
2009/09/04	05:30-11:00	45	90		
2009/09/05	05:30-10:30	41	82		
2009/09/06	05:30-11:30	49	100		
2009/09/07	05:30-10:30	41	134		
2009/09/08	05:30-12:00	53	103		
2009/09/09	05:30-12:00	52	130	07:08	飄雨
2009/09/10	05:30-12:00	53	76		
2009/09/11	05:45-12:00	24	46	06:08、 06:53-10:00	飄雨
2009/09/12	09:30-12:00	22	46		
2009/09/14	06:30-13:00	53	158		
2009/09/15	05:30-12:23	55	134	10:53	飄雨
2009/09/16	05:30-12:30	57	128		
2009/09/17	05:30-12:00	50	180		
2009/09/18	05:30-12:23	56	128		
2009/09/19	05:30-12:00	53	154		
2009/09/20	05:30-08:53	18	46	07:53-08:30	飄雨

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/21	05:30-12:45	59	160		
2009/09/22	05:30-12:00	51	118	07:45-07:53	飄雨
2009/09/23	05:30-12:00	41	86	06:00、06:15、 08:35、08:53、 09:00-09:08、 09:53-10:23、 10:45	飄雨
2009/09/24	07:08-12:00	27	54	07:23-08:30、 09:00-09:15	飄雨
2009/09/25	05:30-12:00	52	106	08:53	飄雨
2009/09/26	05:30-12:00	52	108		
2009/09/27	10:30-10:53	4	10		
2009/09/28	05:30-11:38	27	98	06:23、 06:53-07:38、 07:53-08:00、 09:23-10:38	飄雨
2009/09/29	09:08-10:30	9	34	10:15-10:38	飄雨
2009/09/30	08:15-12:30	29	58		
2009/10/01	05:30-12:00	47	108	07:45-08:00、 11:38-11:53	飄雨
2009/10/02	05:30-12:08	54	146		
2009/10/09	11:30-12:30	9	16	11:30-11:45	拍攝 1 小時對照組，飄雨
2009/10/10	08:00-09:00	9	32		拍攝 1 小時對照組
2009/10/11	08:30-09:30	9	32		拍攝 1 小時對照組
2009/10/13	08:38-09:53	11	30		拍攝 1 小時對照組

(註 1：實際照片為每個時間點拍照完，會檢查照片是否有曝光等問題，若有問題則立即調整光

圈與快門，馬上補拍照片；而更名照片則從實際照片中的每個時間點的照片，選擇一張適合的照片，作為更名並上傳圖片。

註 2：09/13 為整天都下雨；10/4 至 10/7 為颱風天

註 3：10/01 至 10/31 則改由全天空照相機拍攝；10/09 至 10/11、10/13 則是拍攝 1 小時對照全天空雲圖。)

### 全天空照相機

全天空照相機拍攝日期為 10/01 至 10/31，這段期間的 panorama 總照片數量為 1199，即時影像照片總數量為 11008。以下為各日期的詳細清單：

日期	拍攝時間	panorama 照片數量	即時影像 照片數量	缺拍時間	備註
2009/10/01	05:53-12:00	35	368	07:00-07:53、08:15	在熟悉操作流程
2009/10/02	06:08-12:08	40	360	07:23、08:45、 09:38、 10:23-10:30、 10:45、11:00-11:15	斷線
2009/10/03	06:08-12:00	47	353	11:00	斷線
2009/10/08	06:15-13:00	55	406		
2009/10/09	06:08-13:00	55	413	12:53	斷線
2009/10/10	06:08-13:00	56	413		
2009/10/11	06:08-13:00	56	413		
2009/10/12	06:08-13:00	56	413		
2009/10/13	06:08-13:00	56	413		
2009/10/14	06:08-12:53	55	406		
2009/10/15	06:08-13:00	56	413		
2009/10/16	06:08-13:45	62	458		
2009/10/17	06:08-13:00	56	413		
2009/10/18	06:15-13:00	55	406		
2009/10/19	06:15-13:00	48	406	07:53-08:38	斷線

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	拍攝時間	panorama 照片數量	即時影像 照片數量	缺拍時間	備註
2009/10/20	06:15-13:00	55	406		
2009/10/21	07:08-14:00	54	466	07:53、11:38	斷線
2009/10/22	06:15-14:00	63	466		
2009/10/23	06:15-14:00	63	466		
2009/10/24	06:15-14:00	63	466		
2009/10/25	06:15-14:00	63	466		
2009/10/26	06:15-14:00	61	466	07:15-07:23	斷線
2009/10/27	06:15-14:00	63	466		
2009/10/28	06:15-14:00	63	466		
2009/10/29	06:15-13:23	57	489	06:45	斷線
2009/10/30	06:23-14:00	62	458		
2009/10/31	07:00-09:12	144	239		擷取放球圖片

(註 1：panorama 為人工擷取圖片，每小時擷取間隔為先八分鐘再七分鐘，所以擷取時間點均為整點的 00 分、08 分、15 分、23 分、30 分、38 分、45 分、53 分；即時影像則是設定每一分鐘自動拍一張全天空影像並儲存影像。

註 2：全天空照相機缺拍時間為 panorama 照片。

註 3：10/4 至 10/7 為颱風天。)

## 社頂

社頂拍攝日期為 09/02 至 10/30，這段期間的更名總照片數量為 2537，實際照片總數量為 5149。以下為各日期的詳細清單：

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/02	05:30-10:30	40		06:38	拍攝第一天
2009/09/03	05:30-11:00	45	95		
2009/09/04	05:30-10:53	44	78		
2009/09/05	05:30-10:30	41	76		
2009/09/06	05:30-11:30	49	93		
2009/09/07	05:30-10:30	41	132		
2009/09/08	05:30-12:00	53	252		
2009/09/09	05:30-12:00	53			
2009/09/10	05:30-12:00	52	55	06:53	飄雨
2009/09/11	05:51-12:00	39	66	06:53-07:53、 08:23-08:30、 10:08	飄雨
2009/09/14	06:45-13:00	48	138	08:23、10:53、 12:53	飄雨
2009/09/15	05:30-12:15	55	218		
2009/09/16	05:30-12:30	57	238		
2009/09/17	05:30-12:00	51	217	05:38、11:30	飄雨，廁所
2009/09/18	05:30-12:30	56	280	11:38	飄雨
2009/09/19	05:30-12:00	51	389	05:38、11:08	飄雨
2009/09/20	05:30-13:15	41	213	07:23-08:23、 09:00-10:15、 12:23-12:30	飄雨
2009/09/21	05:30-12:45	59	273		
2009/09/22	05:30-12:00	52	163	08:23	飄雨

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/09/23	06:00-11:45	31	49	08:15-09:00、 10:15、 10:30-10:38、 10:53-11:23、 11:38	飄雨
2009/09/24	08:38-11:45	24	66	09:00、10:15	飄雨
2009/09/25	05:30-12:00	42		05:45、06:30、 07:23-07:30、 07:45、 08:08-08:23、 08:38-08:45、 09:08	飄雨
2009/09/26	05:30-12:00	53	178		
2009/09/28	05:30-11:38	34	81	06:15、 07:15-07:23、 09:15-10:45	飄雨
2009/09/29	09:08-10:30	10	17	10:15~10:23	飄雨
2009/09/30	08:15-12:23	32	78	09:08、09:23	飄雨
2009/10/01	05:30-12:00	46	128	07:30、08:00、 09:45、10:53、 11:00、 11:15-11:23	飄雨
2009/10/02	05:30-12:15	55	115		
2009/10/03	05:30-12:00	50	149	08:23、08:38、 09:53	飄雨
2009/10/08	05:30-12:15	55	107		

日期	拍攝時間	更名照片數量	實際照片數量	缺拍時間	備註
2009/10/09	05:30-06:23	7	36	05:38	因相機摔壞故停止拍攝
2009/10/10	05:30-12:00	53	74		
2009/10/11	05:30-12:00	53	69		
2009/10/12	05:30-12:00	53	56		
2009/10/13	06:30-12:00	39	40	07:00-07:15、 07:38-07:53	飄雨
2009/10/14	05:38-12:00	51	78	10:15	廁所
2009/10/15	05:30-12:00	53	65		
2009/10/16	05:30-13:38	66	74		
2009/10/17	05:30-12:00	53	55		
2009/10/18	05:38-12:00	51	53	08:53	廁所
2009/10/19	05:30-12:00	52	53	11:45	廁所
2009/10/20	05:30-12:00	50	52	06:00、07:23、 07:53	飄雨
2009/10/21	05:30-11:53	52	53	10:08	廁所
2009/10/22	05:30-12:00	53	53		
2009/10/23	05:30-12:00	53	53		
2009/10/24	05:30-12:00	53	54		
2009/10/25	05:30-12:00	53	53		
2009/10/26	05:30-12:00	51	52	08:08、09:53	廁所
2009/10/27	05:30-11:53	52	53		
2009/10/28	05:30-12:00	53	53		
2009/10/29	05:30-12:00	43	43	07:23-07:30、 08:38-08:53	飄雨
2009/10/30	05:30-09:45	33	33	05:53、07:08	飄雨，因相機摔壞故停止拍攝

## 墾丁國家公園

### 猛禽遷徙資訊系統建置計畫

(註 1：實際照片為每個時間點拍照完，會檢查照片是否有曝光等問題，若有問題則立即調整光圈與快門，馬上補拍照片；而更名照片則從實際照片中的每個時間點的照片，選擇一張適合的照片，作為更名並上傳圖片。

註 2：10/09 和 10/30 相機摔壞的原因為當日風太大，使得相機與鏡頭摔到地面，造成當日無法繼續拍攝。

註 3：09/12、09/13 和 09/27 為整天都下雨；10/4 至 10/7 為颱風天。)

## 附錄 F 高空風觀測方法與結果

### 測風氣球觀測法

#### 施放原理

測風氣球為測量近地面邊界層的風向風速相當有效之觀測工具與方法。通常將飛升氣球作為隨氣流移動的質點，用地面設備（經緯儀或雷達）跟蹤氣球的飛升軌跡，讀取其時間間隔的仰角、方位角、斜距，確定其空間位置的座標值，可求出氣球所經過高度上的平均風向風速。測風氣球所用之氣球，大多以橡膠製成，球皮重有分 30 克和 40 克兩種，這兩種氣球主要用於經緯儀測風或邊界層探空。而測風經緯儀的構造為一可以沿水平軸及垂直軸自由旋轉之望遠鏡，附有刻度標尺，可藉以測定其旋轉之角度。該望遠鏡通常裝置一直角之稜鏡，使觀測人員可以在任何仰角下保持水平方向觀看目鏡。因此經緯儀可用於觀測測風氣球之移動。

經緯儀測風：有單經緯儀測風和雙經緯儀測風兩種。單經緯儀只能測出氣球的仰角和方位角，氣球高度由升速和施放時間推算。氣球升速是根據當時空氣密度、球皮等附加物重量計算出氣球淨帶力，按照淨舉力灌充氫氣來確定。但由於大氣湍流和空氣密度隨高度變化，以及氫氣泄漏等因素的影響，氣球升速不均勻導致高度誤差大，測風精度低。在配合探空儀觀測時，氣象站用探空儀測得的溫度，氣壓、濕度資料計算出氣球高度。雙經緯儀測風是在已知基線長度的兩端，架設兩架經緯儀同步觀測，分別讀出氣球的仰角、方位角，利用三角法或矢量法計算氣球高度和風向風速。經緯儀測風只適用於能見度好的少雲天氣，夜間必需配掛可見光源，陰雨天氣只能在可見氣球高度內測風。

測風經緯儀觀測的原理以一簡單範例來說明如下(賴與王，<http://www.atm.ncu.edu.tw/observation/高空風氣球操作手冊.htm>)，假設使用的氣球重(未灌氣)為 30g，灌氫氣後，下面掛重物 30g，此時氣球為平衡狀態，即浮力為 60g。假設大氣穩定，垂直擾動可忽略，垂直速度為單純浮力造成，利用美國地區實驗所到的公式

$$v = 72L^{0.63}/(L+W)^{0.42} \text{ (m/min)}$$

計算垂直風速變化，其中  $v$  為垂直速度， $L$  為自由抬升(free left)， $W$  為氣球重 30g， $L+W$  為浮力 60g。但此公式需要經過時間修正：

第 1 分鐘的垂直風速為  $v + 20\%v$

第 2-3 分鐘的垂直風速為  $v + 10\%v$

第 4-5 分鐘的垂直風速為  $v + 5\%v$

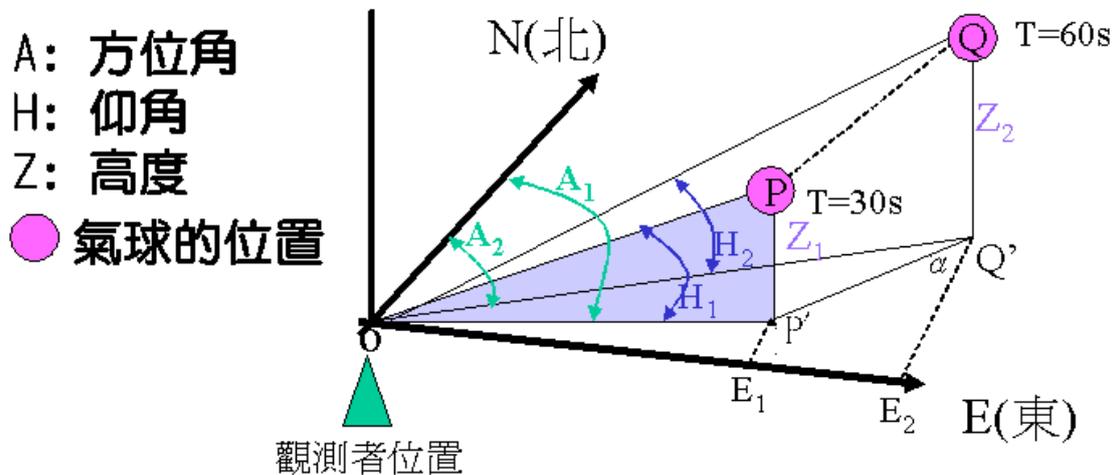
之後的時間即不用修正，由此可得到各個時間垂直上升速度，如下：

30秒	1分鐘	1分鐘30秒	2分鐘	2分鐘30秒
110+22=132	132	110+11=121	121	121
3分鐘	3分鐘30秒	4分鐘	4分鐘30秒	5分鐘
121	110+5.5	115.5	115.5	115.5

因此5分鐘以後的速度維持110 m/min，由速度可知每層所上升的高度

30秒： 66 m -----  $Z_1$

60秒： 132 m -----  $Z_2$



圖：氣球位置與仰角、方位角關係示意圖

(資料來源：本計畫)

我們的目的為求出風速及風向。以上圖為例，氣球從P漂到Q的位置，投影到地平面，其移動的水平距離為 $P'Q'$ ，顯示其受到一個具有向東及向北分量的風，因此我們分別求向東移動的距離( $E_1E_2$ )和向北移動的距離( $N_1N_2$ ，圖中未標示)

$$E_1E_2=(OE_2-OE_1)$$

$$OE_2=OQ'\sin A_2=Z_2\cot H_2\sin A_2$$

$$OE_1=OP'\sin A_1=Z_1\cot H_1\sin A_1$$

將所觀測到的Z，A及H帶入即可求出 $E_1E_2$ ，同理可求出 $N_1N_2$

$$E_1E_2/N_1N_2=\tan\alpha$$

-----可求出 $\alpha$ 即為這段時間內的平均風向

而P'Q'的距離= $E_1E_2/\sin\alpha$

----此即為這段時間內的移動距離，而除上時間就是

風速！

採用單經緯儀法(Single-theodolite method)來求取不同高度之風向及風速是本計畫不可或缺得研究方法。

### 施放流程

將經緯儀(theodolite)在腳架固定後進行儀器水平和地磁北方位訂正程序，觀測者在經緯儀目視追蹤測風氣球(Pibal Balloon)之過程，不得晃動經緯儀本體，進而影響儀器水平點設定。



圖：單經緯儀測風儀器的外觀

(資料來源：本計畫)

氣球充灌。在施放氣球前須先測量當時的風向，氣球升空之同時並旋轉經緯儀左右兩側的方位轉盤與仰角轉盤，透過接目鏡和轉盤微調，隨時將氣球定位在光學鏡頭的十字中心點，每 10 秒紀錄一次氣球位置，直到觀測者在經緯儀目視

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫  
不到氣球為止。



圖：測量當時的風向

(資料來源：本計畫)

施放氣球所需人力為 2-3 位，工作項目包含充灌氣球、架設經緯儀、追蹤氣球。

## 施放結果

測風氣球觀測日期為 10 月 28 日至 10 月 31 日，地點位於水泉國小的教室頂樓，時間為早上七點時段施放氣球。

### 1. 施放氣球所得方位及仰角

(1) 施放氣球日期為 2009/10/28，放球時間為 07:58:59，起始時間為 08:00:00，結束時間為 08:06:10，球的直徑大小為 42 公分，總共 38 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 216.22,24.55	D 0200 227.70,13.05
D 0020 223.55,24.55	D 0210 228.20,16.25
* 0030 223.55,24.55	D 0220 228.60,16.30
D 0040 228.85,22.60	D 0230 228.81,12.00
* 0050 228.85,22.60	D 0240 229.15,11.60
D 0060 228.00,22.20	D 0250 229.40,14.30
D 0070 226.95,19.35	D 0260 229.60,11.05
D 0080 226.90,19.20	D 0270 229.70,10.80

方位及仰角	方位及仰角
D 0090 225.55,18.00	D 0280 229.85,10.70
D 0100 225.40,14.45	D 0290 230.05,10.05
D 0110 225.50,15.55	D 0300 230.15,10.35
D 0120 225.30,15.15	D 0310 230.25,10.15
D 0130 225.30,15.10	D 0320 230.40,9.95
D 0140 225.60,14.90	D 0330 230.50,9.75
D 0150 226.30,14.60	D 0340 230.70,9.65
D 0160 226.50,14.50	D 0350 230.85,9.50
D 0170 226.70,14.10	D 0360 231.00,9.40
D 0180 227.00,18.85	D 0370 231.20,9.25
D 0190 227.30,13.45	E 0380 231.40,9.20

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；\*為氣球追丟；E 為結束時間)

(2) 施放氣球日期為 2009/10/29，放球時間為 07:28:34，起始時間為 07:29:13，結束時間為 07:37:08，球的直徑大小為 42 公分，總共 49 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 213.30,17.95	D 0260 218.95,8.35
D 0020 219.00,25.80	D 0270 219.40,7.95
D 0030 220.10,24.50	D 0280 219.80,7.65
D 0040 219.80,22.10	D 0290 220.20,7.25
D 0050 219.40,21.25	D 0300 220.70,7.00
D 0060 217.55,20.95	D 0310 221.05,7.00
D 0070 215.70,20.15	D 0320 221.50,6.50
D 0080 214.25,19.55	D 0330 221.80,6.35
D 0090 213.95,19.40	D 0340 222.15,6.15
D 0100 214.05,17.75	D 0350 222.55,6.00
D 0110 214.40,16.80	D 0360 223.00,5.85
D 0120 214.30,15.75	D 0370 223.35,5.75
D 0130 214.80,15.00	D 0380 223.90,5.60

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

方位及仰角	方位及仰角
D 0140 215.15,13.90	D 0390 224.25,5.50
D 0150 215.35,13.30	D 0400 224.60,5.45
D 0160 215.95,12.75	D 0410 225.00,5.40
D 0170 216.30,13.05	D 0420 225.35,5.40
D 0180 216.55,11.55	D 0430 225.70,5.35
D 0190 216.75,11.10	D 0440 226.05,5.35
D 0200 216.95,10.70	D 0450 226.40,5.35
D 0210 217.25,10.30	D 0460 226.80,5.35
D 0220 217.55,9.85	D 0470 227.15,5.35
D 0230 217.95,9.45	D 0480 227.50,5.35
D 0240 218.25,9.10	E 0490 227.85,5.40
D 0250 218.60,8.70	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(3) 施放氣球日期為 2009/10/30，放球時間為 07:51:37，起始時間為 07:52:48，結束時間為 08:00:08，球的直徑大小為 42 公分，總共 45 筆。

方位, 仰角	方位, 仰角
S 0010 215.75,7.85	D 0240 250.50,7.30
D 0020 252.95,9.00	D 0250 250.95,7.40
D 0030 254.60,9.90	D 0260 251.15,7.45
D 0040 254.60,9.75	D 0270 251.50,7.50
D 0050 253.60,9.20	D 0280 251.80,7.55
D 0060 252.45,8.50	D 0290 252.15,7.55
D 0070 251.65,7.50	D 0300 252.45,7.55
D 0080 251.10,7.00	D 0310 252.70,7.60
D 0090 250.85,6.70	D 0320 252.90,7.70
D 0100 250.50,6.50	D 0330 253.15,7.75
D 0110 250.05,6.35	D 0340 253.35,7.80
D 0120 249.55,6.15	D 0350 253.50,7.85

方位, 仰角	方位, 仰角
D 0130 249.15,6.05	D 0360 253.65,7.90
D 0140 248.85,6.10	D 0370 253.80,7.90
D 0150 248.90,6.10	D 0380 253.90,7.90
D 0160 249.00,6.10	D 0390 254.00,7.90
D 0170 249.05,6.20	D 0400 254.10,7.90
D 0180 249.15,6.35	D 0410 254.20,7.85
D 0190 249.25,6.55	D 0420 254.30,7.80
D 0200 249.40,6.80	D 0430 254.40,7.75
D 0210 249.50,7.10	D 0440 254.45,7.65
D 0220 249.80,7.30	E 0450 254.55,7.60
D 0230 250.50,7.35	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(4) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 07:13:40，起始時間為 07:14:30，結束時間為 07:17:10，球的直徑大小為 35 公分，總共 17 筆。

方位, 仰角	方位, 仰角
S 0010 263.30,8.85	D 0100 229.40,4.85
* 0020 263.30,8.85	D 0110 228.05,5.10
D 0030 231.00,4.90	D 0120 226.80,4.75
D 0040 231.70,2.25	D 0130 225.85,4.10
D 0050 233.60,1.10	D 0140 225.60,3.30
D 0060 234.30,1.45	D 0150 225.85,2.70
D 0070 232.85,2.70	D 0160 226.50,1.85
D 0080 230.60,3.25	E 0170 226.85,0.80
D 0090 230.40,3.85	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

(5) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 07:32:00，起始時間為 07:34:00，結束時間為 07:39:00，球的直徑大小為 44 公分，總共 31 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 233.25,8.05	D 0170 232.85,7.85
D 0020 233.10,7.95	D 0180 232.95,7.45
D 0030 233.30,7.80	D 0190 233.20,7.10
D 0040 233.00,7.50	D 0200 233.45,6.85
D 0050 232.75,7.30	D 0210 233.70,6.60
D 0060 232.50,7.20	D 0220 233.90,6.45
D 0070 232.20,7.20	D 0230 234.20,6.40
D 0080 231.90,7.35	D 0240 234.50,6.35
D 0090 232.00,7.50	D 0250 234.80,,6.35
D 0100 232.20,7.60	D 0260 235.10,6.20
D 0110 232.60,7.65	D 0270 235.35,6.25
D 0120 232.75,7.85	D 0280 235.60,6.25
D 0130 233.00,8.15	D 0290 235.85,6.25
D 0140 233.40,8.45	D 0300 236.05,6.25
D 0150 233.10,8.50	E 0310 236.20,6.30
D 0160 232.80,8.15	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(6) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 07:44:00，起始時間為 07:44:30，結束時間為 07:52:10，球的直徑大小為 40 公分，總共 47 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 224.45,19.15	D 0250 233.85,7.20
D 0020 222.10,20.40	D 0260 234.10,7.10
D 0030 224.25,20.00	D 0270 234.35,7.00
D 0040 227.15,20.45	D 0280 234.55,6.90
D 0050 226.90,18.45	D 0290 234.75,6.85
D 0060 226.65,17.00	D 0300 235.15,6.80

方位及仰角	方位及仰角
D 0070 227.30,16.00	D 0310 235.35,6.80
D 0080 228.30,15.40	D 0320 235.65,6.90
D 0090 229.20,14.85	D 0330 235.90,6.95
D 0100 230.25,13.20	D 0340 236.20,7.00
D 0110 231.10,12.05	D 0350 236.40,7.10
D 0120 231.60,11.40	D 0360 236.70,7.15
D 0130 232.30,10.40	D 0370 236.85,7.25
D 0140 232.90,9.70	D 0380 236.95,7.30
D 0150 233.10,9.05	D 0390 237.00,7.35
D 0160 233.25,8.65	D 0400 237.10,7.45
D 0170 233.35,8.25	D 0410 237.25,7.50
D 0180 233.38,8.20	D 0420 237.30,7.55
D 0190 232.85,7.80	D 0430 237.40,7.60
D 0200 232.65,7.65	D 0440 237.50,7.60
D 0210 232.90,7.40	D 0450 237.60,7.60
D 0220 233.15,7.30	D 0460 237.70,7.60
D 0230 233.40,7.20	E 0470 237.80,7.60
D 0240 233.65,7.25	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(7) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 07:57:20，起始時間為 07:57:40，結束時間為 08:05:20，球的直徑大小為 47 公分，總共 47 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 223.50,16.30	D 0250 234.60,9.10
D 0020 235.95,19.40	D 0260 234.60,9.25
D 0030 235.40,17.45	D 0270 234.65,9.10
D 0040 234.85,17.75	D 0280 234.65,8.75
D 0050 234.15,18.00	D 0290 234.75,8.45
D 0060 232.70,17.70	D 0300 234.85,8.15
D 0070 231.95,17.00	D 0310 234.85,7.95,

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

方位及仰角	方位及仰角
D 0080 232.60,15.85	D 0320 235.00,7.60
D 0090 233.00,15.40	D 0330 235.15,7.15
D 0100 233.30,14.95	D 0340 235.20,7.50
D 0110 233.35,14.30	D 0350 235.35,7.30
D 0120 233.10,13.60	D 0360 235.60,7.15
D 0130 232.80,13.25	D 0370 235.85,7.05
D 0140 232.50,13.55	D 0380 236.05,7.00
D 0150 232.45,13.55	D 0390 236.20,7.00
D 0160 232.85,12.55	D 0400 236.40,7.05
D 0170 233.45,11.85	D 0410 236.55,7.10
D 0180 234.00,10.95	D 0420 236.70,7.20
D 0190 234.40,10.10	D 0430 236.85,7.30
D 0200 234.50,9.55	D 0440 236.95,7.40
D 0210 234.75,9.30	D 0450 237.05,7.50
D 0220 234.65,9.00	D 0460 237.15,7.60
D 0230 234.50,8.80	E 0470 237.30,7.70
D 0240 234.55,8.90	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(8) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 08:24:00，起始時間為 08:24:20，結束時間為 08:32:20，球的直徑大小為 42 公分，總共 49 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 231.85,4.95	D 0260 232.25,8.75
* 0020 231.85,4.95	D 0270 232.10,8.65
D 0030 233.75,4.00	D 0280 232.00,8.55
D 0040 237.00,6.50	D 0290 232.00,8.55
D 0050 236.20,7.80	D 0300 232.00,8.55
D 0060 237.00,8.60	D 0310 232.05,8.55
D 0070 236.75,9.05	D 0320 232.10,8.60

方位及仰角	方位及仰角
D 0080 236.10,10.35	D 0330 232.10,8.60
D 0090 234.95,10.10	D 0340 232.15,8.60
D 0100 233.95,10.25	D 0350 232.25,8.55
D 0110 232.30,10.30	D 0360 232.45,8.45
D 0120 231.60,10.85	D 0370 232.65,8.40
D 0130 231.05,10.05	D 0380 232.85,8.35
D 0140 231.05,12.35	D 0390 233.05,8.30
D 0150 230.95,12.35	D 0400 233.25,8.25
D 0160 230.90,12.00	D 0410 233.40,8.20
D 0170 231.35,10.90	D 0420 233.60,8.15
D 0180 231.65,10.30	D 0430 233.80,8.10
D 0190 232.00,9.85	D 0440 233.95,8.05
D 0200 232.50,9.85	D 0450 234.15,7.95
D 0210 233.10,10.25	D 0460 234.40,7.90
D 0220 232.70,10.15	D 0470 234.50,7.85
D 0230 232.65,9.75	D 0480 234.65,7.80
D 0240 232.55,9.30	E 0490 234.80,7.75
D 0250 232.45,8.95	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

(9) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 08:49:00，起始時間為 08:49:20，結束時間為 08:56:30，球的直徑大小為 38 公分，總共 43 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 231.60,2.50	D 0230 235.70,6.30
D 0020 231.70,4.60	D 0240 235.60,6.05
D 0030 232.60,3.50	D 0250 235.45,5.75
D 0040 234.30,2.35	D 0260 235.50,5.70
D 0050 235.50,2.50	D 0270 235.50,5.60
D 0060 236.10,2.75	D 0280 235.35,5.75
D 0070 236.30,2.35	D 0290 235.25,5.65

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

方位及仰角	方位及仰角
D 0080 236.50,2.15	D 0300 235.25,5.55
D 0090 236.70,2.25	D 0310 235.30,5.50
D 0100 236.65,2.15	D 0320 235.30,5.40
D 0110 236.40,2.00	D 0330 235.30,5.35
D 0120 236.25,1.90	D 0340 235.35,5.25
D 0130 236.50,2.10	D 0350 235.40,5.20
D 0140 236.70,2.45	D 0360 235.45,5.10
D 0150 236.85,3.30	D 0370 235.35,5.10
D 0160 236.70,4.85	D 0380 235.40,5.25
D 0170 236.65,5.95	D 0390 235.40,5.30
D 0180 236.60,6.60	D 0400 235.40,5.30
D 0190 236.85,6.80	D 0410 235.40,5.25
D 0200 236.50,6.75	D 0420 235.40,5.20
D 0210 236.10,6.15	E 0430 235.40,5.20
D 0220 235.85,6.25	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

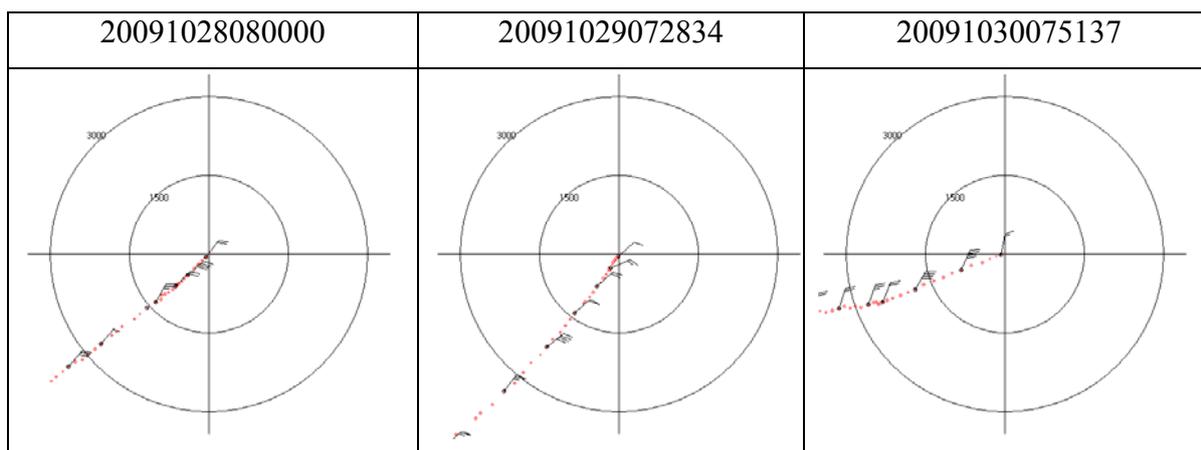
(10) 施放氣球日期為 2009/10/31，放球時間為 09:03:00，起始時間為 09:03:20，結束時間為 09:09:00，球的直徑大小為 42 公分，總共 35 筆。

方位及仰角	方位及仰角
S 0010 231.00,18.75	D 0190 233.35,10.95
D 0020 231.30,14.80	D 0200 233.60,10.80
D 0030 232.50,13.45	D 0210 233.80,10.75
D 0040 232.55,12.65	D 0220 234.00,10.75
D 0050 232.25,13.20	D 0230 234.20,10.70
D 0060 232.05,13.75	D 0240 234.45,10.65
D 0070 231.75,14.25	D 0250 234.60,10.50
D 0080 231.90,13.95	D 0260 234.80,10.40
D 0090 232.05,13.55	D 0270 234.90,10.30

方位及仰角	方位及仰角
D 0100 232.55,13.30	D 0280 235.00,10.15
D 0110 232.15,13.35	D 0290 235.10,10.00
D 0120 233.00,12.85	D 0300 235.15,9.85
D 0130 233.20,12.85	D 0310 235.15,9.70
D 0140 232.80,12.35	D 0320 235.25,9.55
D 0150 232.35,12.00	D 0330 235.30,9.45
D 0160 232.25,11.95	D 0340 235.35,9.35
D 0170 232.60,11.50	E 0350 235.45,9.25
D 0180 232.90,11.20	

(註：S 為開始放球；0010 為第一筆資料，0200 為第 20 筆，以此類推；E 為結束時間)

## 2. 氣球飄移方向



墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

## 參考文獻

- 林世松、林孟雄(1986)滿州地區獵捕灰面鵟。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第10號。
- 林正二、胡百忍、蔡乙榮(1991)滿州地面灰面鵟過境族群及獵捕行為之調查研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告。
- 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。
- 黃光瀛(1991)1999年春季八卦山灰面鵟遷移調查報告。彰化縣野鳥學會鳥類保育研究叢刊南路鷹7號。
- 劉小如(1991)墾丁國家公園日行性猛禽調查研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處保育研究報告第64號。
- 鄭育昇，2005：利用氣象雷達探討2005年秋季赤腹鷹過境恆春半島之模式，國立屏東科技大學，碩士論文。
- 藍正裕，2002：氣象雷達在墾丁地區赤腹鷹過境行為之應用，國立屏東科技大學，碩士論文。
- 蔡乙榮(1994)墾丁地區遷移性猛禽調查之現況。第一屆海峽兩岸鳥類學術研討會論文第225-236頁。
- 蔡乙榮(1996)墾丁地區遷移性猛禽族群調查資料研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處自行研究報告第31號。
- 蔡乙榮(1997)墾丁地區赤腹鷹過境數量初步調查研究。第一屆鳥類研討會論文集第271-280頁。中華民國野鳥學會。
- 蔡乙榮(1998)墾丁地區秋季日行性猛禽遷徙現象與日本的關係。第三屆海峽兩岸學術研討會論文集第21-38頁。社團法人台北市野鳥學會。
- Gauthreaux, S. A., Jr. (1970) Weather radar quantification of bird migration. *Bioscience* 20:17-20.
- Gauthreaux, S. A., Jr. and C. G. Belser(1998) Displays of bird movements on the WSR-88D: patterns and quantification. *Weather and Forecasting* 13:453-464.
- Gauthreaux, S. A., Jr. and John W. Livingston, 2006:Monitoring bird migration

墾丁國家公園

猛禽遷徙資訊系統建置計畫

with a fixed-beam radar and a thermal-imaging camera , *J. Field Ornithol.* ,  
77(3) , 319–328.

Huppopp , O. , J. Dierschke , K. Exo , E. Fredrich and R. Hill , 2006 : Bird  
migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines ,  
2006 British Ornithologists' Union , *Ibis* , 148 , 90–109.

Kerlinger , P. and F. R. Moore(1989) Atmospheric structure and avian migration.  
*Current Ornithol.*6:109-142.

Shamoun-Baranes , J. , O. Liechti , Y. Yom-Tov , and Y. Leshem , 2003 : Using  
a Convection Model to Predict altitudes of White Stork Migration over Central  
Israel. *Boundary Layer Meteorology.* , 107 , 673-681.

社團法人台灣猛禽研究會網址 : <http://raptor.org.tw/Knowing/framknowing.htm>

美國Clemson University Bird Radar 鳥蹤雷達實驗室網址

(<http://virtual.clemson.edu/groups/birdrad/birdradar.htm>)