

台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：動物學

作品名稱：氣象因子對灰面鵟鷹過境遷徙之影響

學 校：國立彰化女子高級中學

作 者：李佩誼

氣象因子對灰面鵟鷹過境遷徙之影響



李佩誼

自傳

我是李佩誼，現在是個高二的學生，從小就對自然科學感到很有興趣，之前也做過有關植物方面的科展作品，這次獲得科學教育館補助專題研究，嘗試有關候鳥遷徙方面的分析探討，對我來說又是一次新的挑戰，從蒐集數據到整理及最後分析的結果，看到原來科學不是只有實驗，在統計上結合了數學，在解釋結果上用到了許多地科、物理的觀點，藉由不同學科的應用完成了這次的活動，所以除了喜歡生物之外，也要學好其他方面的知識，畢竟這些都是環環相扣的，不可偏廢任何一項！

摘要

本研究主要分析氣象因子對於灰面鵟鷹春季過境八卦山區之影響。分析 1994 年至 2004 年灰面鵟鷹遷徙資料發現彰化八卦山區之微氣象與灰面鵟鷹族群遷徙波動性具有顯著的相關性，其中以日平均氣壓、日平均相對濕度、日平均風速及日平均風向等氣象因子分別對起鷹、落鷹之族群數影響最為明顯。而其遷徙週期之動態變化，明顯地集中於約 16 日內完成主要族群之遷移。不論是同一年度內之高峰期變化，或是高峰期與日期契合之相關性，顯示氣象因子為其遷徙影響的重要因子。然而，從各年度間的遷徙高峰期間的相關性分析結果得知，目前 11 年過境調查紀錄，應該無明顯的規律性動態變化模式，考量其他對於遷徙過程可能具有影響的因子，應有其他的環境或生物因素影響遷徙期間族群的波動性及週期性。對於建立其遷徙模式而言，可能需要更多且更詳盡的遷徙紀錄，以及配合遷徙過程的各過境點的氣象或其他因素合併分析，方能獲得更為明確的結果。

關鍵詞：灰面鵟鷹、過境鳥、微氣象

Summary

The main purpose of this study is to find the effects of the meteorological factors on the dynamics of the migrating population observed at the Pakuashan area in spring for the gray faced buzzard. The migrating population dynamics observed at the Pakuashan area correlated significantly with the local meteorological factors noted from 1994 to 2004. The daily average atmospheric pressure, average relative humidity, average wind speed and wind direction had significant impact on the soaring and landing populations of the gray faced buzzard. Obviously the annual migrating dynamics observed at the study site was accomplished within 16 days. In addition, the similar variation pattern of the peak migrating populations in the same year as well as the consistency of the date of the peak population observed annually supports the hypothesis that the local meteorological factors have a great impact on the migrating behavior of the populations. However, the correlation analysis of the peak migrating populations among years indicated that little cyclic migrating pattern was found in the past 11 years' observation records. Other biotic or abiotic factors might have influence on the periodicity and fluctuation of the migrating populations. In order to establish a precise population model to describe the migrating behavior of the gray faced buzzard, detailed records of the migration process and the analyses of the relationships among the meteorological data as well as other factors and the bird populations observed should be gathered and performed.

Keywords: gray faced buzzard 、 *Butastur indicus* 、 migrant 、 microclimate

壹、前人研究

灰面鵟鷹 (*Butastur indicus*) 屬於鵟鷹科，俗名灰面鵟、南路鵟、掃墓鳥，是台灣地區每年春、秋兩季過境數量僅次於赤腹鵟的過境性猛禽，每年過境台灣的數量約在 15,000~20,000 隻(李，2004)。

雄鳥由頭至後頸赤褐色，有暗褐色棕斑，眼上有白色眉斑，頰灰褐色，腮、喉乳白色，喉部中央有條黑色縱線，體上面褐色，胸部赤褐色，有白色斑點，體下面白色，有赤褐色橫斑，尾灰褐色，有四條黑色橫帶，雌鳥頸及體上面暗褐色較深，眉斑較狹，體下面暗褐色較深。主要棲息於溫帶海拔 900 公尺以下之森林、農草生地，並掠食田野之各種鼠類、蜥蜴及受傷鳥類和蚱蜢、蝗蟲等大型昆蟲(林，1986)。

每年三月牠們從渡冬區南洋群島北返中國大陸東北、日本北方、西伯利亞一帶繁殖，彰化八卦山是牠們北返的重要驛站之一。秋季則向南遷徙至中國大陸之華南、中南半島、菲律賓、婆羅州、蘇拉威西、新幾內亞渡冬(McClure, 1974)。灰面鵟鷹的夜棲點多位於面臨河流且地勢較高的山谷，植被以次生林為主。其飛行速度約為每小時 34 公里，每日最遠可飛行約 370 公里。依觀測資料及飛行速度與每日可飛行距離推估，除彰化八卦山地區外，高雄美濃、新竹竹東和台北觀音山皆為灰面鵟鷹可能的夜棲地。(李等，2000)

每年春季灰面鵟鷹過境彰化八卦山地區之過程，呈現空窗期以及高峰期的現象，早期被認為是受到天氣型態的影響，但是前人對於灰面鵟鷹的調查愈臻完整後，認為氣象因子中的風速、風向，溫度並非限制灰面鵟鷹進行遷徙的因子(1998 蕭，1999 黃)，依關(1997)及蕭(1998)對可能影響鷹隻遷徙氣象因子作分析，其結果不一，但風向、氣溫及雨量對灰面鵟鷹之遷移並無明顯相關(李，2004)。

在八卦山區的灰面鵟鷹多不會停留過長的時間，在天氣條件允許下，隔天幾乎都會盡速北飛。在遷徙季中，八卦山區的氣候因子似乎對灰面鵟鷹的遷徙影響不大(李，2004)。

貳、研究動機

對於候鳥遷徙影響因子很多，如光週期、生物生理時鐘、氣候、氣象因素等，灰面鵟鷹每年春季過境彰化八卦山、台中大度山區並以此為暫時停棲的中途休息站，其中又以八卦

山區記錄之族群數量最多，記錄亦最為完整。在前人諸多研究報告均指出灰面鵟鷹遷徙與性荷爾蒙分泌有關，而氣象因子並非影響牠遷移的主要因素，但氣象因子在許多鳥類遷移過程中有重要的影響，天氣狀況會影響鳥類飛行過程能量、體力的消耗以及環境因子的感應甚劇。因此，對於許多針對灰面鵟鷹遷徙所做的探討結論，心裡面總有些疑慮無法釋疑，因此與老師討論過後，進一步聯絡彰化縣野鳥協會取得其調查數據使用的同意後，並與彰化八卦山旁的白沙氣象站管理單位彰化師範大學地理系聯繫，取得歷年的主要氣象因子紀錄，希望能進一步以地區的微氣象來探討其對灰面鵟鷹的遷徙的影響與原因。

參、研究目的

運用彰化縣野鳥學會自 1994 年至 2004 年間之灰面鵟春季過境調查記錄，以及八卦山區白沙氣象站區域性氣候資料，分析灰面鵟遷徙與氣象因子的關連性，進而探討氣象因子對於其遷徙所可能造成的影響。

肆、研究材料、資料

一、名詞定義：

1. 平均氣壓：當日氣壓時變化的平均值。
2. 平均氣溫：當日氣溫時變化的平均值。
3. 平均溼度：當日溼度時變化的平均值。
4. 平均風向：當日風向時變化的平均值。
5. 平均風速：當日風速時變化的平均值。
6. 過境週期：年度過境中以折線圖繪之其中每一波峰則為一過境週期。
7. 主要過境期：以年度過境累積百分比第 5%~95% 此段期間為一過境期。
8. 第一過境高峰期~第四過境高峰期：取所紀錄 11 年中波峰最多者 4 個，則每年即可有相對之第一波峰，第二波峰及第三第四波峰稱之為過境高峰期（並非每年都有 4 個波峰）。
9. 起鷹數：太陽升起後，熱氣流上升時段，約早上 06：00~09：00 間之族群數。
10. 過境數：約 9：00~14：00am 之間，以直接飛越山區或稍做盤旋之族群數。
11. 落鷹數：天氣晴朗，下午 14：00~17：30 之間，有明顯停棲行為之族群數。
12. 總過境數：整年度中春季北返之所有過境八卦山區所觀察紀錄加總。
13. 單日最大過境數：一日中直接通過八卦山區所紀錄之灰面鵟鷹數。

- 二、相關性分析使用 SPSS 12.0 for Windows (SPSS, Inc.) 及 Statistica 6.0 (StatSoft, Inc.) 軟體分析之。
- 三、灰面鷲遷徙族群數量以彰化縣野鳥協會公告之歷年調查紀錄為依據：1994 年～2004 年每年 3/1～5/10 灰面鷲過境數量，1998 年～2000 年，2001 年～2004 年起鷹、落鷹紀錄。
- 四、氣象資料取自彰化師大地理系白沙氣象站，1998 年～2004 年 2 月～5 月每日平均氣壓、平均氣溫、平均雨量、平均溼度、平均風向、平均風速及降雨量、降雨強度大小。

伍、研究方法

一、日期與遷移的關係

(一) 過境高峰期：

1. 絕對間期：依據各年之過境週期的波動性變化，將日期分成四個過境高峰期，依序為 3/12～3/19；3/19～3/23；3/23～3/27；3/27～4/3 四個時段。
2. 相對間期：依照各年每日過境變化的相對高峰，取相對過境高峰日與其前後各三天共七天為一個相對高峰期，則第四日為此相對過境高峰日，依序分成四個過境高峰期。

(二) 分別針對絕對間期與相對間期分析兩兩(年)過境週期間族群數量的相關性。

二、過境所需日數

取各年中當日過境數所佔當年過境總數百分比，將百分比逐日做加總，依日期與過境累加百分比繪折線圖。以圖三之 1994 年之過境數量與日期之關係圖為例，在 1994 年紀錄中 3 月 14 日至 3 月 30 日過境之灰面鷲數約佔此年 90% 過境總數，扣掉此前後 5% 即訂為當年度過境起始及結束日期。

三、起、落鷹與過境鷹數與氣象因子之相關

取 2000、2002、2003、2004 年之起鷹、落鷹及過境之遷徙族群數量變化與氣象因子之平均氣壓、平均氣溫、平均溼度、平均風速、平均風向分析其相關性。

四、相關性分析

相關性分析方法採用無母數統計法之 Spearman 等級相關係數 (Spearman's coefficient of rank correlation)，兩分析變數依照觀測值的大小各給予不同等級 (rank)，觀測值最小者給等級 1，次小者給 2，依此類推，最大者給予等級 n (n 為各變數觀測值個數)。測驗之虛無假說為兩變數間無相關；對立假說為兩變數間有相關。若兩變數間等級差很小時，即表示兩變數間有相關。

陸、研究結果

一、灰面鷲過境遷徙之數量變化

依據各年度的單日遷徙族群數變化圖 (圖一)，可以歸納出春季的遷徙過程中，大致上會出現三至四個高峰期變化，依高峰期的先後次序分別稱為第一高峰期至第四高峰期。其中絕對間期之第一高峰期大約出現在 3/12~3/19；第二高峰期約在 3/19~3/23；第三高峰期為 3/23~3/27；第四高峰期為 3/27~4/3。整個遷徙過程的主要高峰期則多為第二或第三高峰期。

若以扣除最初過境累積 5% 及最末過境數累積 5% 之間為主要過境族群，則其春季過境起始日約為三月 13~18 日，而過境結束日約為三月 26 日~四月 7 日，主要族群遷徙所需時間為 8~22 天，平均約需 16 日，主要日期為 3 月 15 日到 4 月 1 日之間，其中 1996 年、2002 年的開始日期較晚 (3 月 18 日) 其餘各年皆在 14、15、16 三日之內；在結束日期中 1999 年之前都在 3 月 30 日便完成 95% 的過境量，但在 2000 年之後的結束日期都在 4 月之後。其中僅有之規則性存在於十一年之過境紀錄中，主要過境高峰期均落於這段時間內。

此外，1996 年的主要過境期為 8 天、1997 年 11 天，2003 年延遲至 22 天、2004 年 20 天，明顯與平均日數的 16 天差異較為懸殊。

而遷徙總族群數的變化，自 1994 年至 2004 年間之調查結果，過境總數變化在 13090 隻次 (2004 年) ~20432 隻次 (2000 年)；平均過境數約 17995 隻次，標準差為 2223.3，顯示在調查紀錄上，灰面鷲歷年的遷徙族群數存在明顯的波動性。

表一：灰面鷲各年度遷徙主要族群起始、結束日

過境累積%	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
5%	3月14日	3月16日	3月18日	3月15日	3月14日	3月16日
95%	3月30日	3月31日	3月26日	3月26日	3月30日	3月30日
所需日數	16	15	8	11	16	14
過境累積%	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	主要日期
5%	3月16日	3月16日	3月19日	3月16日	3月13日	3月15日
95%	4月4日	4月4日	4月3日	4月7日	4月2日	4月1日
所需日數	19	19	16	22	20	平均：16日

二、各年間遷徙族群變化的相關性分析

以過境先鋒族群、主要過境族群數量（主要過境期間的 90% 族群數）及主要過境期後延遲族群分析兩兩年度間的相關性，顯示任兩年度間的相關性均顯示極高的正相關（表二），顯示自 1994 年至 2004 年間灰面鷲鷹主要遷徙族群遷徙數量集中模式極為相似。

如表三，以絕對間期之過境高峰日變化，分析兩兩年度間的遷移族群週期變化之相關性。連續兩年度過境族群週期變化具顯著相關性者有（1995 年、1996 年）、（1996 年、1997 年）、（1999 年、2000 年）、（2002 年、2003 年）、（2003 年、2004 年）。連續三年度以上過境族群週期變化具顯著（兩兩）相關者有 1996 年～1999 年、2002 年～2004 年。因此，以相同日期來看各年度的遷徙族群數量變化，僅上述少數年度間的相關性較高外，其餘遷徙年度間均存在日期與數量上的變異。

若僅考慮過境週期波動性變化的週期性，而不考慮其週期變化發生的日期，則幾乎所有兩兩連續過境年度之間均具有一般顯著（ $p < 0.05$ ）以上的相關性。

顯示過境期間的族群動態變化具有極高的同質性，然而過境高峰期或過境高峰日的族群數，卻存在著明顯的差異。

表四以各年相對過境高峰期變化分析兩兩年度遷移族群週期變化之相關性。過境族群數週期變化具顯著或極顯著相關者，有相隔五年之（1995 年、2000 年）、（1996 年、2001 年）、（1997 年、2002 年）；相隔三年者有（1997 年、2000 年）、（1998 年、2001 年）、（1999 年、2002 年）；相鄰年度間具有顯著相關性者有（1998 年、1999 年）、

(1999 年、2000 年)、(2000 年、2001 年)。表示並非固定每年或間隔年度會出現同質性之過境模式。

三、主要過境期族群數量變化與氣象因子之相關性

以主要過境期間的單日過境數量變化與氣象因子間，分析 Spearman 等級相關係數，結果如表五。顯示主要過境期間的數量變化與平均氣壓、平均氣溫、平均相對溼度、平均風速、平均風向等氣象因子間均無明顯的相關性。

四、過境高峰日與氣象因子間的相關性

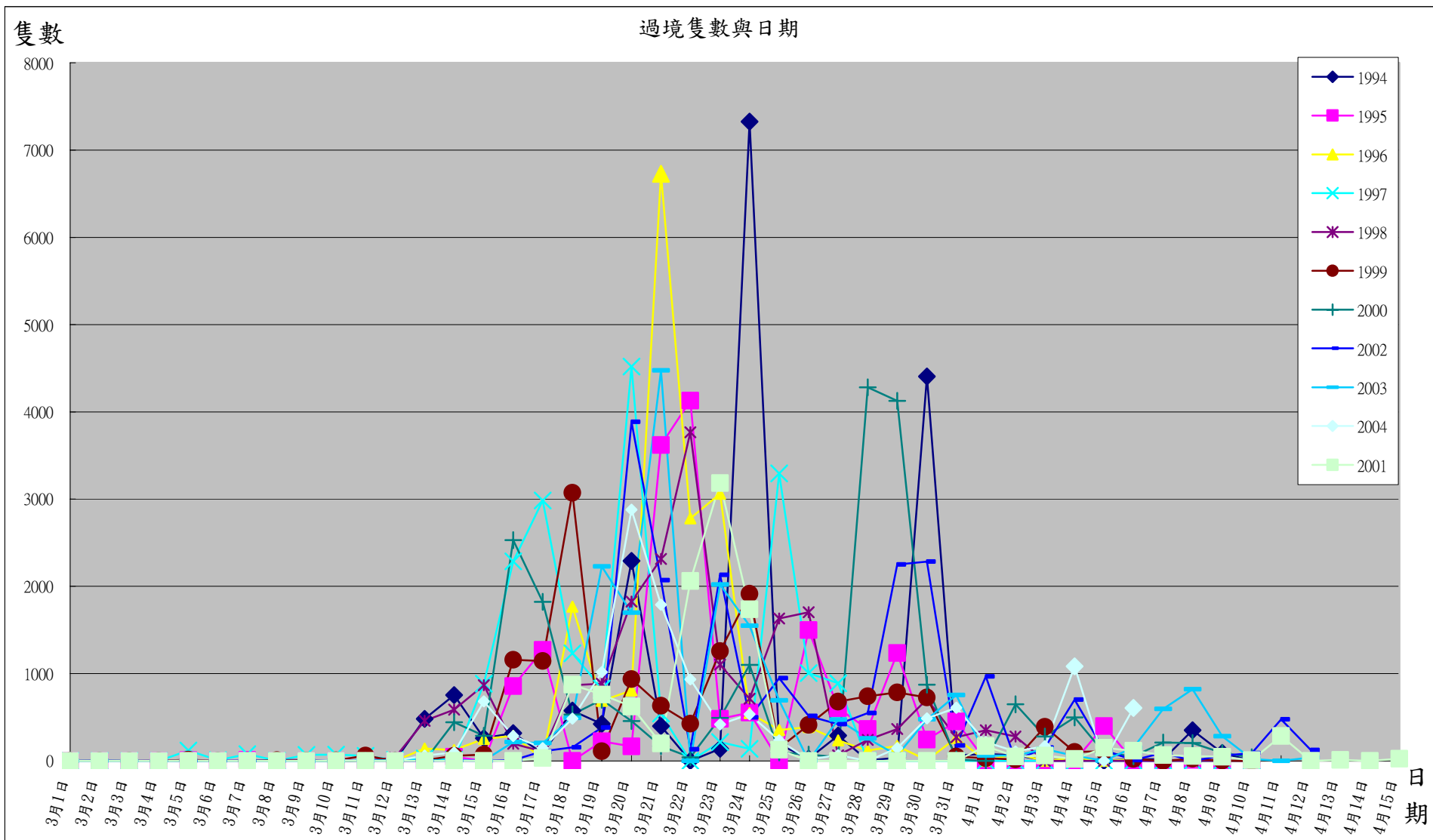
以 2000 年~2004 年 (不含 2001 年) 絕對間期之四過境高峰日與同期間氣象因子進行相關性分析的結果如表六，顯示除平均風向外，過境高峰日與各氣象因子間並無顯著性相關。

五、起鷹、過境、落鷹與氣象因子間的相關性

由於 1994 年至 1999 年及 2001 年並無單日起、落鷹及過境數量的紀錄，因此對於單日遷徙的主要變化，即起、落鷹及過境與氣象因子相關之分析中將這些遷徙年度排除，整理單日過境變化與氣象因子後，得 Spearman 等級相關係數結果如表七。其中起鷹與平均氣壓 ($R=0.362$; $p < 0.01^{**}$) 具顯著正相關性；過境與各氣象因子間無明顯之相關性；落鷹則與平均風速 ($R=0.444$; $p < 0.001^{***}$) 及平均風向具明顯正相關性 ($R=0.479$; $p < 0.001^{***}$)。

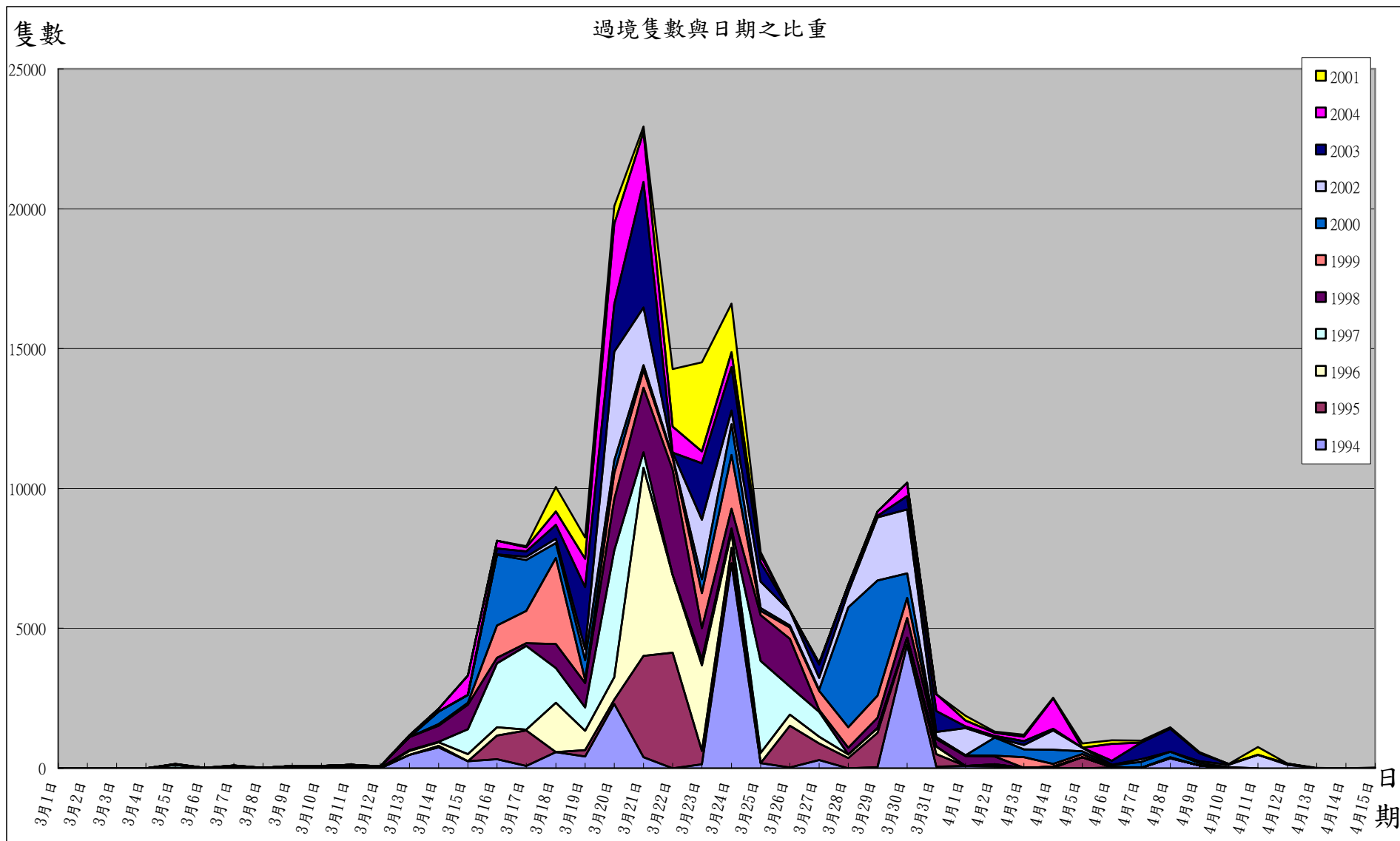
因此，針對氣象因子對於遷徙過程而言，確實具有顯著的影響。而其中氣壓越高對於起鷹應該越有利，而平均風速越高則對於落鷹數越高，平均風向則越偏北風，則落鷹數越多。

至於單日遷徙族群數變化與單日過境總數間的相關性中，起鷹、過境分別與過境總數間具有極顯著之正相關性，Spearman 相關係數分別為 0.546 ($p < 0.001^{***}$)、 0.792 ($p < 0.001^{***}$)，而起鷹與落鷹間則有顯著的負相關 ($R = -0.349$; $p < 0.01^{**}$)。



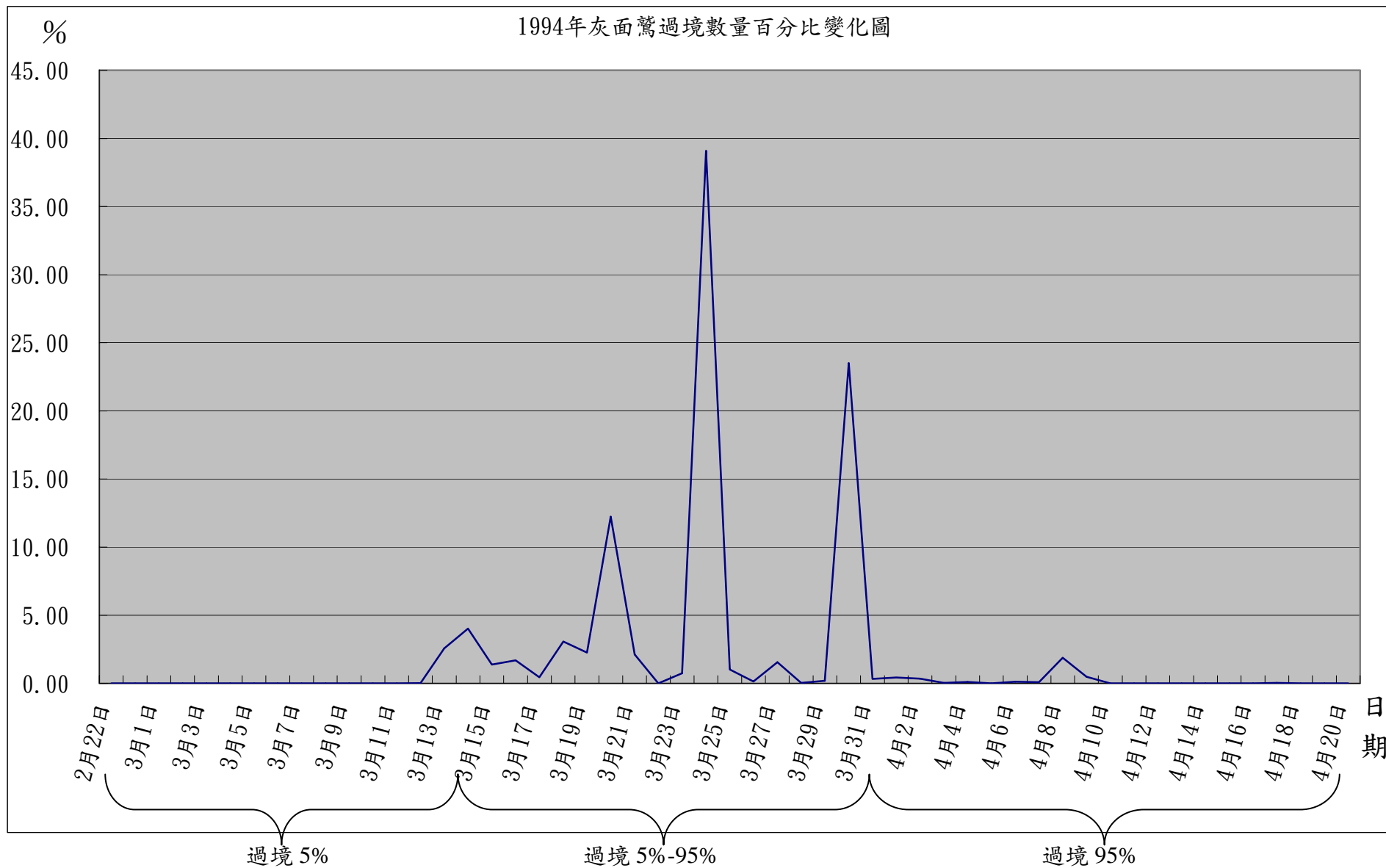
圖一：1994~2004年每日過境數量及日期之對應關係

為1994年至2004年逐日紀錄自2月22日~3月1日，至最遲5月10日觀察彰化八卦山地區灰面鵲鷹之過境紀錄71日，共11年781筆資料。

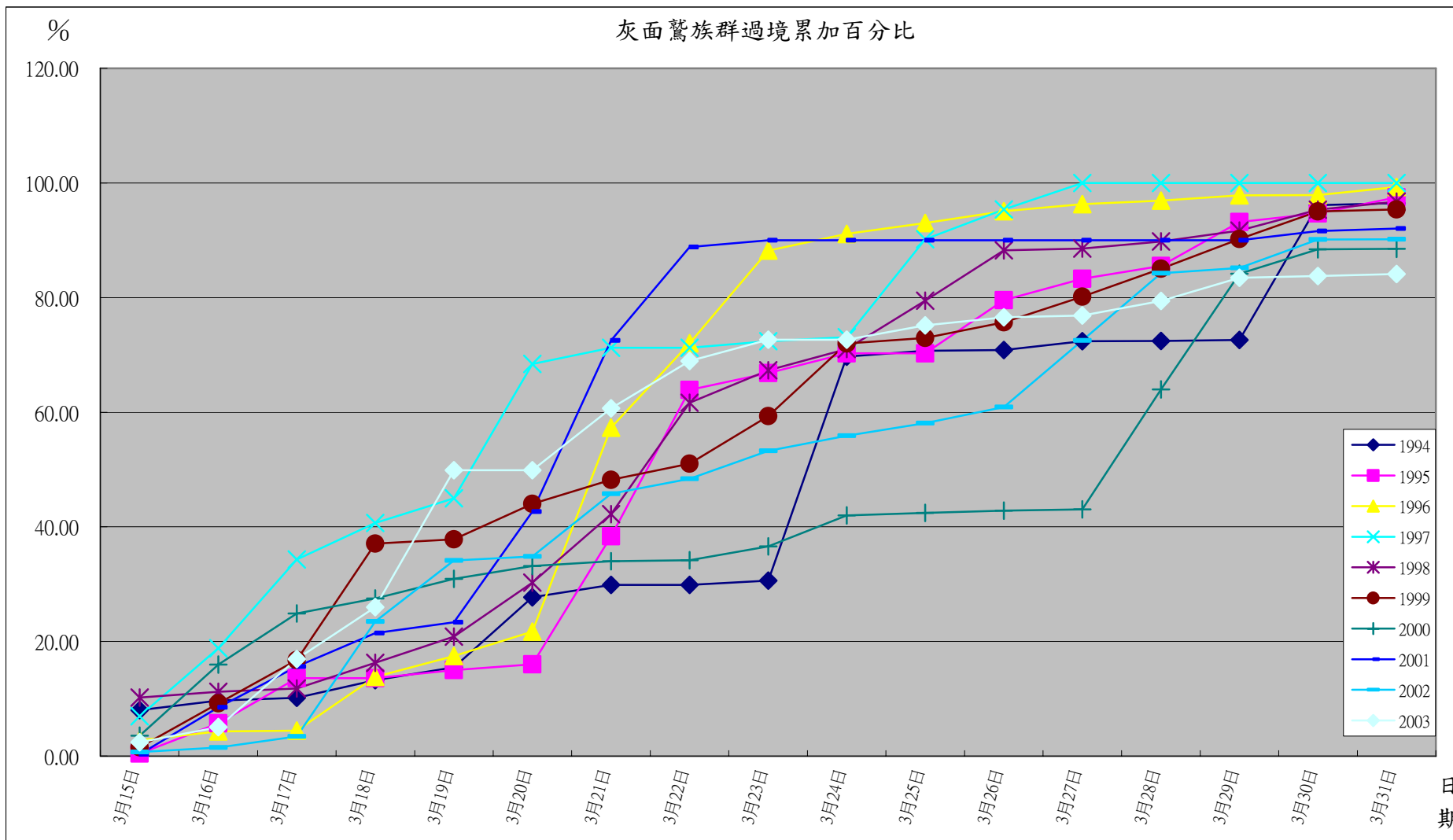


圖二：1994~2004 年過境數量與日期週期變化的重疊關係

為各年度週期動態變化的相對吻合程度，再不考慮同一日期的遷徙族群數量下，可大致比較每年過境的相對高峰期變化，可決定過境週期中之相對過境高峰。

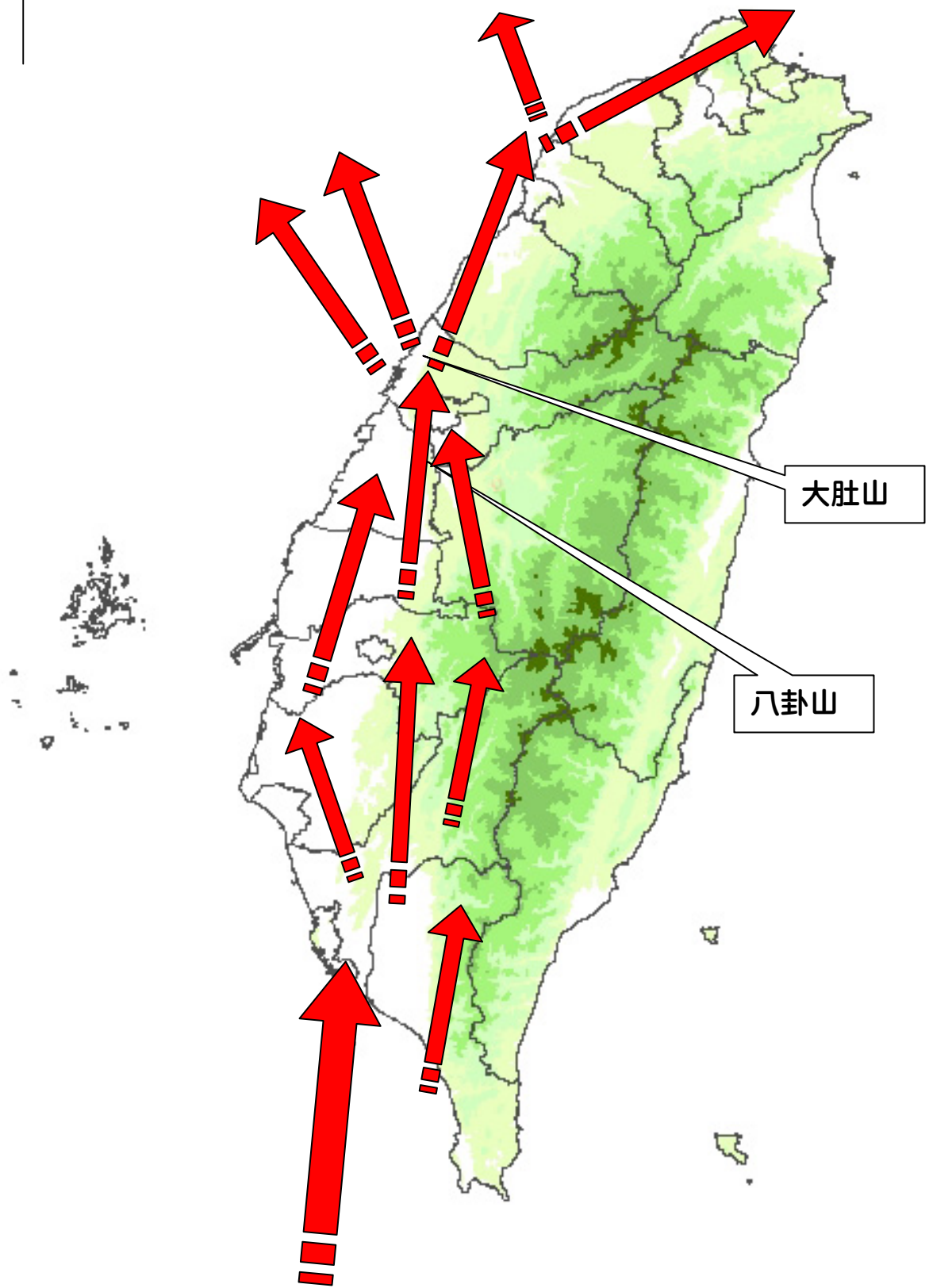
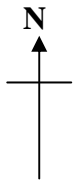


圖三：以 1994 年過境週期為例，切割過境族群百分比



圖四：1994年～2004年間各年度單日過境數所佔當年過境總數累加百分比

以單日過境數所佔當年度過境總數之百分比累加曲線，即可知特定時間已達當年度過境族群數之百分比。取 11 之年平均日期（5%～95%），約 3 月 15 日開始至 4 月 1 日結束，可觀察主要過境族群遷徙情形及趨勢變化。



圖五：灰面鵟鷹推測遷徙路徑圖（重繪自彰化野鳥學會網站資料）

表二：各年度先鋒、主要過境、延遲族群間之Spearman's 等級相關係數分析結果

		1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
1994年	R	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1995年	R	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1996年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1997年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1998年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1999年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2001年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2002年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2003年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000	1.000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2004年	R	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表三：年度間絕對日期過境高峰日之Spearman 等級相關分析

取各年間相同日期3月12~4月3日之單日最大過境數做兩兩（年）間的比較。

		1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
1994年	R	1.000										
	Sig. (2-tailed)	.										
	N	26										
1995年	R	-.129	1.000									
	Sig. (2-tailed)	.531	.									
	N	26	26									
1996年	R	.270	.391(*)	1.000								
	Sig. (2-tailed)	.182	.048	.								
	N	26	26	26								
1997年	R	.407(*)	.124	.427(*)	1.000							
	Sig. (2-tailed)	.039	.548	.030	.							
	N	26	26	26	26							
1998年	R	.248	.183	.778(**)	.248	1.000						
	Sig. (2-tailed)	.222	.371	.000	.222	.						
	N	26	26	26	26	26						
1999年	R	.251	.497(**)	.451(*)	.359	.174	1.000					
	Sig. (2-tailed)	.216	.010	.021	.072	.396	.					
	N	26	26	26	26	26	26					
2000年	R	.234	.214	.074	.081	.000	.595(**)	1.000				
	Sig. (2-tailed)	.249	.293	.718	.695	1.000	.001	.				
	N	26	26	26	26	26	26	26				
2001年	R	.176	.192	.412(*)	.202	.358	.299	.208	1.000			
	Sig. (2-tailed)	.390	.348	.037	.322	.072	.138	.309	.			
	N	26	26	26	26	26	26	26	26			
2002年	R	.165	.333	.383	.190	.178	.493(*)	.368	.143	1.000		
	Sig. (2-tailed)	.421	.097	.053	.352	.384	.011	.064	.485	.		
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26		
2003年	R	-.086	.403(*)	.461(*)	.237	.357	.268	.354	.417(*)	.464(*)	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.676	.041	.018	.244	.073	.186	.076	.034	.017	.	
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
2004年	R	.256	.002	.223	.105	.182	.139	.434(*)	.480(*)	.280	.506(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.207	.991	.273	.609	.373	.497	.027	.013	.166	.008	.
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

* Correlation is significant (R) at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant (R) at the 0.01 level (2-tailed).

表四：年度間過境相對高峰日之 Spearman 等級相關分析
 取相對 1994~2004 年每年過境高峰期間單日過境數做兩兩（年）間相關性分析。

		1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
1994年	Correlation Coefficient	1.000										
	Sig. (2-tailed)	.										
	N	21										
1995年	Correlation Coefficient	.482(*)	1.000									
	Sig. (2-tailed)	.031	.									
	N	20	26									
1996年	Correlation Coefficient	.159	.540	1.000								
	Sig. (2-tailed)	.605	.057	.								
	N	13	13	13								
1997年	Correlation Coefficient	.572(**)	.387	-.069	1.000							
	Sig. (2-tailed)	.008	.102	.822	.							
	N	20	19	13	20							
1998年	Correlation Coefficient	.296	.392	.435	.261	1.000						
	Sig. (2-tailed)	.219	.058	.157	.281	.						
	N	19	24	12	19	26						
1999年	Correlation Coefficient	.427	.340	.215	.514(*)	.545(**)	1.000					
	Sig. (2-tailed)	.053	.090	.481	.020	.004	.					
	N	21	26	13	20	26	28					
2000年	Correlation Coefficient	.565(**)	.389(*)	.339	.704(**)	.032	.496(**)	1.000				
	Sig. (2-tailed)	.008	.050	.257	.001	.880	.008	.				
	N	21	26	13	20	25	27	27				
2001年	Correlation Coefficient	.484	.653(*)	.642(*)	.450	.677(*)	.297	.593(*)	1.000			
	Sig. (2-tailed)	.080	.011	.018	.123	.016	.303	.025	.			
	N	14	14	13	13	12	14	14	14			
2002年	Correlation Coefficient	.315	.197	.493	.498(*)	.547(**)	.512(**)	.426(*)	.389	1.000		
	Sig. (2-tailed)	.189	.356	.103	.030	.006	.009	.034	.212	.		
	N	19	24	12	19	24	25	25	12	25		
2003年	Correlation Coefficient	.202	.310	.191	.355	.217	.501(**)	.287	.103	.250	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.406	.140	.573	.148	.307	.009	.165	.750	.238	.	
	N	19	24	11	18	24	26	25	12	24	26	
2004年	Correlation Coefficient	.238	.466(*)	.846(**)	.233	.523(**)	.364	.324	.729(**)	.519(**)	.137	1.000
	Sig. (2-tailed)	.299	.016	.000	.322	.006	.057	.099	.003	.008	.505	.
	N	21	26	13	20	26	28	27	14	25	26	28

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表五：主要過境期與氣象因子的相關性分析

以1998年~2004年之過境數5%~95%，此段期間之單日最大過境數與氣象紀錄之相關性分析。

		日期	過境數	測站氣壓hPa	平均測站氣溫°C	平均相對溼度%	平均風速m/s	平均風向方位
日期	Correlation	1.000						
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.						
	N	161						
過境數	Correlation		1.000					
	Coefficient	-.105						
	Sig. (2-tailed)	.183						
	N	161	161					
測站氣壓hPa	Correlation			1.000				
	Coefficient	-.247(**)	.104					
	Sig. (2-tailed)	.002	.198					
	N	155	155	155				
平均測站氣溫°C	Correlation				1.000			
	Coefficient	.124	.052	-.287(**)				
	Sig. (2-tailed)	.119	.520	.000				
	N	158	158	155	158			
平均相對溼度%	Correlation					1.000		
	Coefficient	-.067	.003	-.273(**)	.110			
	Sig. (2-tailed)	.406	.973	.001	.167			
	N	158	158	155	158	158		
平均風速m/s	Correlation						1.000	
	Coefficient	-.752(**)	.097	.237(**)	-.129	.052		
	Sig. (2-tailed)	.000	.226	.003	.107	.518		
	N	158	158	155	158	158	158	
平均風向方位	Correlation							1.000
	Coefficient	-.556(**)	.013	.131	-.308(**)	-.083	.813(**)	
	Sig. (2-tailed)	.000	.892	.171	.001	.384	.000	
	N	112	112	111	112	112	112	112

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表六：過境高峰日對氣象的相關分析

取絕對間期中1998年~2004年每年四個過境高峰期中，達過境最大量當日與氣象紀錄之相關性分析。

		日期	過境數	氣壓	氣溫	濕度	風速	風向
日期	Correlation	1.000						
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.						
	N	28						
過境數	Correlation	-.022	1.000					
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.913	.					
	N	28	28					
氣壓	Correlation	-.198	.069	1.000				
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.322	.733	.				
	N	27	27	27				
氣溫	Correlation	-.178	.223	-.171	1.000			
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.375	.263	.395	.			
	N	27	27	27	27			
濕度	Correlation	-.240	.112	-.411(*)	.345	1.000		
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.229	.578	.033	.078	.		
	N	27	27	27	27	27		
風速	Correlation	-.745(**)	.246	.337	.167	.265	1.000	
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.000	.216	.086	.406	.181	.	
	N	27	27	27	27	27	27	
風向	Correlation	-.501(*)	.442(*)	.208	-.103	-.016	.846(**)	1.000
	Coefficient							
	Sig. (2-tailed)	.015	.035	.341	.639	.942	.000	.
	N	23	23	23	23	23	23	23

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表七：2000、2002、2003、2004年起落鷹和過境鷹數與氣象因子之相關性

取2000年、2002年、2003年及2004年所紀錄之每日起落鷹數與其當日氣象紀錄作相關性分析。

		日期	起鷹	過境	落鷹	單日 遷徙總數	測站氣壓	平均氣溫℃	平均 相對濕度%	平均風速m/s	平均 風向方位
日期	Correlation Coefficient	1.000									
	Sig. (2-tailed)	.									
	N	51									
起鷹	Correlation Coefficient	.097	1.000								
	Sig. (2-tailed)	.498	.								
	N	51	51								
過境	Correlation Coefficient	-.293(*)	.260	1.000							
	Sig. (2-tailed)	.037	.065	.							
	N	51	51	51							
落鷹	Correlation Coefficient	-.297(*)	-.349(*)	.128	1.000						
	Sig. (2-tailed)	.034	.012	.372	.						
	N	51	51	51	51						
單日遷徙總數	Correlation Coefficient	-.314(*)	.546(**)	.792(**)	.233	1.000					
	Sig. (2-tailed)	.025	.000	.000	.100	.					
	N	51	51	51	51	51					
測站氣壓	Correlation Coefficient	.290(*)	.362(**)	.078	-.046	.185	1.000				
	Sig. (2-tailed)	.039	.009	.586	.747	.194	.				
	N	51	51	51	51	51	51				
平均氣溫℃	Correlation Coefficient	-.073	-.050	.124	-.154	.107	-.395(**)	1.000			
	Sig. (2-tailed)	.613	.727	.387	.281	.456	.004	.			
	N	51	51	51	51	51	51	51			
平均相對濕度%	Correlation Coefficient	-.269	-.245	-.002	.043	-.081	-.398(**)	.116	1.000		
	Sig. (2-tailed)	.056	.084	.991	.764	.572	.004	.417	.		
	N	51	51	51	51	51	51	51	51		
平均風速m/s	Correlation Coefficient	-.649(**)	-.061	.204	.444(**)	.274	-.209	-.152	.336(*)	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.000	.671	.151	.001	.051	.141	.286	.016	.	
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	
平均風向方位	Correlation Coefficient	-.529(**)	-.048	.005	.479(**)	.147	-.040	-.213	.233	.902(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.737	.973	.000	.302	.782	.133	.100	.000	.
	N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表八：絕對日期過境高峰期族群平均數與標準差。

1998、1999、2001、2004 相較於其他年之標準差較低，此即當年度四個過境週期之變化較小，起伏差異較不大；反之亦然，標準差大，週期差異亦大。

遷徙年度	平均數	標準差	高峰期日數
1994年	733.92	1630.291	26
1995年	656.38	1041.366	26
1996年	877.96	1515.318	26
1997年	800.54	1190.532	26
1998年	822.77	858.305	26
1999年	646.69	707.137	26
2000年	779.12	1167.014	26
2001年	399.19	778.900	26
2002年	913.19	1026.635	26
2003年	813.96	1258.107	26
2004年	561.04	684.942	26

柒、討論

一、灰面鵟鷹遷徙日期是否固定日期

灰面鵟鷹之遷徙主要集中於約 16 日之內，遷徙族群數佔整年度過境數的 90% 以上。此一集中過境，卻又有零星先鋒或延遲過境族群的遷徙模式，可能主要原因在於前 5% 過境鷹群之先鋒主要為青壯個體，飛行能力較佳，形成數量零星且過境日期較早之先期族群；末 5% 延遲族群則可能為幼年、年齡大、負傷或飢餓體力不支，數量零稀；另一原因亦可能為距離及出發點影響通過台灣的先後順序。

根據 1994~2004 年彰化地區灰面鵟鷹的調查紀錄經統計過後發現其過境日期在每年 3 月 15 日至 3 月 31 日兩個星期內約過境 90%，而以 11 年來的觀察數據可見先鋒、主要、延遲族群的三階段模式在各年度間確實有著相當規律性。此種規律性可能是生物體內的賀爾蒙分泌、生理時鐘、氣象因素、日照長短等因素所造成（蕭，1996、1997）。

然而，不論是年度遷徙所需的實際日數，或是該年度遷徙的開始、結束日期，當年度的高峰期變化，均有明顯的日期差異，因此其歷年的遷徙族群，並非恆常有高度規律性。

二、各年過境週期之相關性

在絕對間期內取同一時段族群的日變化來比較過境數量模式，可看出年與年間過境的相關性。如果，灰面鵟鷹族群在遷徙模式上依循日期具有規律性與既定模式，則從日變化或高峰期變化應該可以釐清此種結果。然而，以各年度相同日期間的變化所呈現的結果，連續遷徙年度間僅（1995 年、1996 年）、（1996 年、1997 年）、（1999 年、2000 年）、（2002 年、2003 年）、（2003 年、2004 年）間有顯著相關性，間隔三年以上具有相關性者，有（1996 年、1999 年）、（2002 年、2004 年）。

因此，除非其族群動態變化週期在三年以上，否則以現有的調查資料而言，著實無法看出其年度間存在有波動的規律性，或是同年度內高峰期變化具穩定模式。所以灰面鵟鷹過境週期並沒有太大重複性，意即雖然此段過境期內部分連續年度或間隔年度之間雖有明顯相關，但無法就此下定論說灰面鵟鷹過境週期與日期有極高的吻合度。因此，考量其他環境或生物因素的影響，自然為探討其族群遷徙模式過程不可輕忽的。所以，現有調查紀錄中明顯的日數偏差，可能需要考慮及探討其他影響此日期差異之原因。而對於遷徙族群數與氣象因子間的相關分析中，如氣壓、濕度、風速、風向等因子明顯對於起鷹與落鷹有所影響，因此氣候條件對於其族群波動的變化，應該會是主要影響因子之一。

在年度相對高峰期中，取各年度過境週期相對波動性變化，分析各年度過境模式的差異，藉此釐清即使遷徙過程如果並非準確依照日期變化，是否可能在動態變化曲線上具有極高的吻合性。11 年過境中，連續遷徙年度間僅 1998~2000 年間有顯著相關性，間隔三年以上具有相關性者，有三年之（1997 年、2000 年）、（1998 年、2001 年）、（1999 年、2002 年）；五年之（1995 年、2000 年）、（1996 年、2001 年）、（1997 年、2002 年）。分析結果並非每年遷徙族群數變化模式皆相同，而是相隔數年後才出現又重演同質性之過境或遷徙模式，以現有數據同樣不能完全得知其是否具週期性。

在此分析結果中不論是連續年度或間隔年度，其重現性最多為連續三次，因此規律性的遷徙模式，以族群變動曲線而言，同樣無法認定其固定模式的存在。至於這種年度週期與氣象變化間是否有關則無法確定，主要因彰化地區之氣象紀錄只能取得 1998 年~2004 年，與灰面鵟鷹現有紀錄相差了四年，故無法確定是否有直接關係，但藉由現此種過境模式比較可之灰面鵟鷹過境變化存在著明顯差異性，顯然與一般認定存在規則性有所出入。

李（2004）、蕭慶亮（1991、1995、1996）曾提及與灰面鵟鷹遷移最大的相關因素是日期，其次是氣象因子。兩者均指出灰面鵟鷹的遷移與日期有相當大的關連性存在，推測灰面鵟鷹能準確掌握遷移時機，均一致認為這種現象與光週期或日照長短有關（蕭慶亮，1996、1997）。

以本研究結果而言，不論是絕對間期或相對週期動態變化，如果不是灰面鵟鷹的遷徙週期更長，無法以十一年的紀錄結果呈現，應該可以歸咎是因為如氣象因子等其他因素在主導著遷徙模式。

在本研究中，將單日遷徙族群數變化及高峰期的族群數變化，與八卦山區的氣候因素間分析其相關性，結果不論是單日族群變化或是高峰期變化，均顯示各年度間遷移過程族群的波動性有顯著的異質性。因此，以往賞鳥人士及李（2004）與蕭（1991、1995、1996）研究結果所認為灰面鵟鷹的遷徙族群變化能準確依照日期完成，重演遷徙歷程，此種結果上的衝突，恐怕需要加以澄清。

在 1994 年~2004 年的遷徙始末日期比較中，以主要族群遷徙平均約需 16 日的間期而言，1996 年與 2002 年的開始日期較晚，但仍在標準差內。但主要族群完成遷徙日期在 1999 年與 2000 年間則有一明顯以月份不同之分野，在 1999 年前結束日期皆在 3 月份結束，而 2000 年之後則在 4 月份結束，而在 1994 年之前並未取得其他團體之記錄結果，故無法得知是否還有其他相同或相異處，至於 2004 年之後，則有待繼續觀察。而結束日期雖有此種現象，但仍在標準差內，僅 2003 年的結束日期在 4 月 7 號為差異最為懸殊。

另以每年主要過境期為 16 天，而與其標準差異 4 天以上者有 1996 年、1997 年及 2003 年、2004 年，氣象因子是否為影響主要過境週期之原因則無法確定，因此為 11 年之統計結果，若單以一年內過境期與前後日數之氣象差異視之，則誤差甚大，因所蒐集之氣象資料中超過標準差異之年數比例佔所有年數較多，故無法做此分析。

三、微氣象對起落鷹之影響

因灰面鵟鷹族群可能從不同路線前來，但無法得知出發地如菲律賓等地之地區微氣象或族群調查紀錄，作為其遷徙數量、路線與移動速度之分析下，彰化地區之微氣象與族群時變化的相關性，是最適合分析的基礎。

在關（1997）與蕭（1998）研究中提到對於灰面鵟鷹的過境調查愈臻完整後，將可能影響其遷徙之因素廣泛紀錄與歸納。而最早的分析中，將紀錄標準化、規格化後，分析灰面鵟鷹遷移與風向、氣溫、雨量並無明顯相關。因以往之分析常為整年度的氣象與過境觀察之紀錄作相關性分析，但灰面鵟鷹過境台灣地區具有明顯的日變化，如起、落鷹或過境。故僅粗略以全年度之氣象紀錄與遷徙日變化探討其相關性，應當不適宜。日變化與氣象因素間的相關性分析，應該有納入分析的必要性。

（1）起鷹：

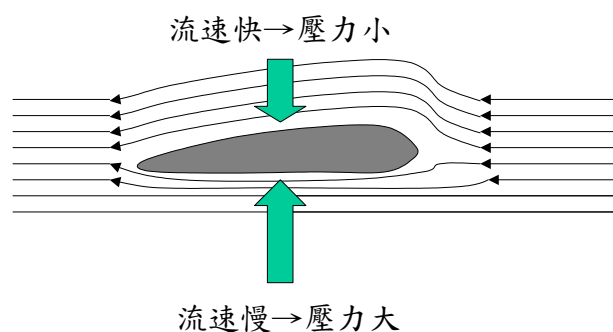
2000、2002、2003、2004 年起鷹、落鷹及過境數與氣象因子之相關性分析得起鷹與平均氣壓有極顯著的正相關而和相對溼度則呈現顯著的負相關，可能原因為氣壓愈高相對則天氣較晴朗，應該有利於遷徙，且對於其起飛而言，上昇氣流對於鵟鷹科鳥類，原本就是一個重要的助力。

至於相對溼度的負相關，或許與其羽毛狀態有關，當相對溼度高時，羽毛狀態可能不利於飛翔，不過這個推論還必須探討羽毛狀態與溼度關係，可能才可以釐清；另一可能原因為清晨空氣溼度大時陽光照射所得之熱能被水分子吸收較多，與空氣分子吸收熱能比起來上升熱氣流較小，所以溼度大時不利於起鷹。

（2）落鷹：

落鷹和平均風速及平均風向有極顯著的正相關，即風速愈大落鷹數量越高，可能因為風速高影響灰面鵟鷹飛行，需花費較大體力。而當風向越偏離正北，則落鷹數約多，可能在其遷徙方向上，非正北風使其遷徙需花費更多體力，或形成更高的阻力，不利飛行。

每年灰面鵟鷹遷徙紀錄在三月、四月時彰化地區風向主要是以西北風至北風為主，一般而言地區微氣象之風向紀錄與鷹群過境高度的風向、風速可能有落差，但春季東北季風仍然較強，故高空與地面並不會有太大差異。



圖六：翼面上下氣流與壓力相關圖

由於過境期間之風向與灰面鵟鷹遷徙方向（圖五）相反，但依白努利定律而言，鷹類翅膀上下方氣流差異會造成一氣壓差，若翼面上方氣壓較下方小時即能產生一上升力（圖六）。

飛行時可藉由降低高度將位能轉換成動能且可藉改變翼的角度將阻力抵銷，且鷹之身體及翅膀結構呈流線型，可將空氣阻力降至最低，所以除非風速過強才會消耗過多體力或受傷。另清晨產生之上升氣流利於鷹的起飛，但逆風飛行確實較消耗體力，故灰面鵟鷹遷徙時需要在台灣地區稍做休息。

（3）過境

在整體的過境情形來看除了所有氣象因子的相關均低，或許在 10:00am~14:00pm 這段期間，整體氣候狀況的變化或差異，對於其遷徙影響而言不足以造成明顯的影響，或者此段日變化的族群數，是受到非八卦山區微氣候，而是受到遷徙路徑上的氣候條件的牽動，如果要澄清這個部分的遷徙變化，還需與東南亞及台灣南部地區的氣候變化作更進一步的分析。

（4）過境高峰期與氣溫的關係

至於氣溫對於起鷹、過境及落鷹之相關性並不顯著，原因可能是灰面鵟鷹為恆溫動物，當灰面鵟鷹遷徙時高度原本就有極大的落差，故地區之氣溫差異不大或較高度落差小時，對灰面鵟鷹之飛行無明顯影響，所以氣溫應不是影響或啟動灰面鵟鷹遷徙之重要因素。

捌、結論

1. 灰面鵟鷹遷移主要族群數在主要過境期間具規律性的過境族群高峰期與空窗期，但每年的高峰期與空窗期與之日期並不吻合。
2. 每年間主要過境期以族群量 0%~5%、5%~95%、95%~100% 為分段。此三段過境數集中，但過境鳥族群波峰日期上有明顯差異，且過境所需日數亦差異甚大。
3. 高峰期間波動性顯示各年度間的族群數波動性有明顯差異。
4. 主要過境族群北返通過台灣時與彰化地區之微氣候相關性低。
5. 氣象因子中氣壓、濕度對停棲於彰化地區之灰面鵟鷹起鷹影響極大。
6. 氣象因子中風向與風速對通過台灣彰化地區之灰面鵟鷹落鷹影響極大。

玖、參考資料

- 李璟泓。2004。彰化八卦山灰面鵟鷹春季遷徙之年齡區別及族群遷徙模式研究。國立中興大學生命科學研究院碩士在職專班論文。
- 林正二、胡百忍、蔡乙榮。1991。滿洲地區灰面鵟鷹過境族群及獵補行為之調查研究。墾丁國家公園管理處。
- 屏東縣立滿州國中。1989。滿洲地區獵補灰面鵟鷹之調查(二)。墾丁國家公園管理處。
- 彰化縣野鳥保育學會 <http://www.bird.org.tw/changhua/index.htm>
- 蔡乙榮。1996。墾丁地區遷徙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。
- 盧秀貞、李培芬、許皓捷、張琪如。2000。灰面鵟鷹在台灣春季過境的夜棲地與遷移路徑推估。第四屆海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。中國林業出版社，北京。林世松、林孟雄。
- 1986。滿洲地區獵補灰面鵟鷹之調查。墾丁國家公園管理處。
- 盧秀真。1999。灰面鵟鷹在台灣之數量變化、遷移路徑及夜間棲地分析。國立台灣大學動物研究所碩士班研究論文。
- 蕭慶亮、關永才。1998。1998 年八卦山台地灰面鵟鷹春季遷移之研究。彰化縣野鳥學會鳥類保育研究叢刊南路鷹 6 號。
- 蕭慶亮。1997。1996 年春季八卦山灰面鵟鷹遷移調查報告。彰化縣野鳥學會鳥類保育研究叢刊南路鷹 3 號。
- 關永才、黃雅雯、陳怡仁、嚴瓊芬。1998。1997 年八卦山台地灰面鵟鷹春季遷移之研究。彰化縣野鳥學會。
- McClure, H. E. 1974. Migration and Survival of the Birds of Asia. U.S.Army Component. SEATO Medical.