

# 利用自動照相設備與地理資訊系統 研究森林野生動物族群之空間分布

裴家騏<sup>1</sup> 陳朝圳<sup>2</sup> 吳守從<sup>3</sup> 滕民強<sup>4</sup>

(收件日期：民國 86 年 1 月 31 日、接受日期：民國 86 年 3 月 26 日)

**【摘要】**本研究應用自動照相設備收集野生動物之出現頻度資料，以地理資訊系統配合模糊集合理論，探討於多山及密林地區野生動物族群之空間分布型式。從 1995 年 10 月到 1996 年 5 月之間，在位於屏東縣的「霧頭山自然保護區」內，使用自動照相設備 34 組，分別裝置於 17 個樣點，收集並計算台灣山羌 (*Muntiacus reevesi micrurus*)、藍腹鶲 (*Lopura swinhoii*)、虎鶲 (*Turdus dauma*) 及深山竹雞 (*Arborophila crudigularis*) 於各樣點處之單位時間出現頻度 (=被拍照片數／有效的相機工作小時數)，及其與海拔高、坡度、坡向及全天空光域等地形環境因子之隸屬度函數；再以隸屬度函數配合地理資訊系統，推估四種動物在保護區內可能之空間分布模式。結果顯示，四種動物在本保護區內均以海拔 2,000 公尺以下為主要分布範圍；在坡度方面，除了虎鶲無明顯之相關性外，其他三種動物均極少利用坡度超過 45° 之環境；四種動物對坡向都具有選擇性，以西南及南向坡的出現較為頻繁；在光量環境方面，全天空光域值超過 50% 的環境，四種動物皆極少出現。雖然所得結果正確之效度有待後續之評估檢驗，本研究顯示，以自動照相結合地理資訊系統，可應用在大面積的野生動物分布模式探討，並可於同一時間內收集及分析多種野生動物的資料，應有助於生態系統之經營與管理。

**【關鍵詞】**生態系統經營管理方法、模糊集合理論、台灣山羌、藍腹鶲、虎鶲、深山竹雞。

## USE OF AUTO-TRIGGER CAMERA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO STUDY SPATIAL DISTRIBUTION OF FOREST WILDLIFE

Kurtis Pei<sup>1</sup> Chaur-Tzuhn Chen<sup>2</sup> Shoou-Tsorng Wu<sup>3</sup> Min-Chiang Teng<sup>4</sup>

(Received January 31, 1997; Accepted March 26, 1997)

**【Abstract】** The present study incorporated the occurrence data collected by auto-trigger cameras and a Geographic Information System (GIS), matched with the Fuzzy Set Theory, to predict the spatial

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學野生動物保育技術系副教授。

Associate Professor, Department of Wildlife Conservation Science and Technology, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學森林資源技術系副教授。

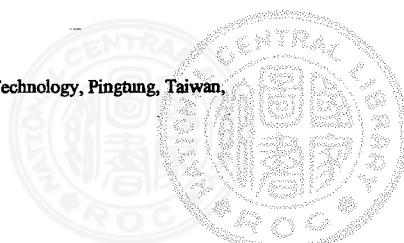
Associate Professor, Department of Forest Resource Management and Technology, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

<sup>3</sup> 臺灣省林務局屏東林管處六龜工作站技術助理員。

Assistant Technician, Liukuei Work Station, Pingtung Forest District Office, Taiwan Forestry Bureau.

<sup>4</sup> 國立屏東科技大學農園生產技術系講師。

Instructor, Department of Plant Production and Technology, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R.O.C.



distribution pattern of wildlife in mountainous, dense forest habitat. From October 1995 to May 1996, 34 sets of auto-trigger cameras, which installed in 17 locations within the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung, were used to collect the occurrence data in each location for the Formosan Reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi micrurus*), Swinhoe's pheasant (*Lopura swinhoii*), White's ground thrush (*Turdus dauma*), and the Taiwan hill partridge (*Arborophila crudigularis*). The membership functions between the frequency of occurrence (= number of pictures taken per effective camera hour) and the elevation, slope, aspect and the whole light sky space was calculated for each species. These membership functions were then be used to generate the possible spatial distribution patterns for these species within the whole Natural Reserve. Results showed these 4 species distributed mainly below 2 000 m, and, except for the White's ground thrush, they hardly used habitats with slope over 45°. All 4 species showed significant preference to sites which has a south-western or southern aspect, and they rarely used of environments with whole light sky space over 50%. Although the exact validity of these results require further evaluation, present study demonstrated the use of auto-trigger camera, incorporates with the GIS technique, may be used to generate the distribution pattern for wildlife in large geographic scale. It also can collect data for more than one species at the same time. The application of this method should be important in ecosystem management.

**【 Key words 】**Ecosystem management technique, Fuzzy set theory, *Muntiacus reevesi micrurus*, *Lopura swinhoii*, *Turdus dauma*, *Arborophila crudigularis*.

## I、前言

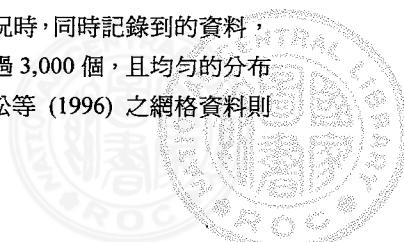
保護區應進行持續且全面性的生態系統經營與管理，而詳細且持續的物種族群資料則為經營與管理之重要參考依據；其中，野生動物族群的分布型式 (distribution pattern) 即為一項重要資料。各物種在保護區內分布型式的建立，除有助於確認區域內物種豐富度高的重要環境，並了解各物種對棲息地的選擇性，或影響分布的環境因子，亦可進一步評估環境變遷對族群分布和數量之影響。在技術方面，採用地理資訊系統 (Geographic Information Systems, GIS) 結合地面調查資料來建立野生動物族群分布的型式，近年來在國外已有相當豐碩的研究成果 (Stenback *et al.*, 1987; Grubb, 1988; Aronoff, 1989; Miller *et al.*, 1989; Walker, 1990; Williams and Lyon, 1991; Yonzon *et al.*, 1991; Kempka *et al.*, 1992; Nicholson and Bowyer, 1992; William *et al.*, 1995; Knick and Dyer, 1997)。

為了加強森林生態系統的保育，國內也陸續設置了國家公園、自然保留區、國有林自然保護區、野生動物保護區等不同類型之保護區，其目的除了生態保育外，亦提供學術研究或戶外遊憩之用。其中，以野生動物保育法為法源依據的野生動物保護區，更是以分區規劃的設計，包含了

野生動物資源永續利用的經營管理理念（行政院農業委員會，1995）。因此，在保護區內進行長期的物種監測及經營管理就益形重要。

一般而言，國內各保護區於設立之初，均已建立區域內之野生動物名錄及基本生態資料 (郭達仁，1986；王鑫等，1987, 1988, 1989；李玲玲，1988, 1992；林曜松，1989；王穎、孫元勳，1989, 1990；呂光洋等，1989, 1990；歐保羅、林良恭，1990；林曜松等，1991；林曜松、劉炯錫，1991；周蓮香，1991, 1993；王穎、印莉敏，1992；裴家騏，1994, 1997等)。有關野生動物分布資料之收集方法，截至目前為止，國內研究人員傳統上仍多以目擊、耳聞、誘捕及搜尋痕跡（包括：巢穴、足跡、抓痕、食痕、糞便和屍體）等直接觀察的方法進行，而為了補充資料之不足，時常還需要訪問當地的居民或工作人員。

近年來，林務局 (1994) 及林曜松等 (1996) 更將使用傳統調查方法所得之野生動物分布資料建檔並予以網格化，且期望能配合 GIS 以建立全省性的物種分布形式。其中，林務局的野生動物網格資料係於「第三次台灣森林資源及土地利用調查」(1990~1993) 中，調查人員在地面樣區記錄林木及土壤狀況時，同時記錄到的資料，所調查之地面樣區超過 3,000 個，且均勻的分布於台灣全島；而林曜松等 (1996) 之網格資料則



取自將近 20 年以來，國內各種不同類型之文獻和報告，類型包括：特定地區之野生動物名錄調查報告、單一物種之一般分布調查報告及單一物種在特定地點之研究報告等。

由於前述這兩個資料庫的建立仍處於初步階段，故全省絕大多數的網格均尚未調查或資料不全，目前缺乏充分的資料以供製作可接受之物種分布型式。就實務面而言，為得到較全面性的物種分布型式，未來若要進行網格資料的逐步補足，必須耗費大量的人力及物力，將會有實際的困難。因此，如何以有限的資料推導物種的分布模式 (model)，再模擬尚未調查地點之分布狀況，就極為重要且為必要。然而，由於國內大多數山區之地形較為複雜，且山勢陡峭、植被茂密，以直接觀察法所得之資料較不完整且其完整度在調查者間差異大，使得調查資料的品質不均勻；而訪問資料則往往又缺乏可信度或精確度。這些資料收集方法學上之缺點，也將直接降低後續分布型式推估之正確度及有效性。因此，尋求一種客觀而科學的調查方式，對於野生動物資料之收集將有莫大之助益。

以自動照相設備進行森林野生動物之調查，或收集其活動及習性之資料，在國內已有相當之經驗，且具備以下之優點：(1)可確認物種之存在，及收集其棲息活動之位置和環境特徵資料；(2)可較有效的偵測到稀有或不易見到之物種；(3)可同時收集多種物種之資料；(4)可有效的在人員不易到達之山區進行連續的資料收集；(5)所需經費及人力少；及(6)資料品質較統一等 (裴家騏，1993, 1994, 1997; Pei, 1995a, b; 林宗穎，1996)。

本研究嘗試以自動照相設備收集定點的野生動物 (台灣山羌 *Muntiacus reevesi micrurus*、藍腹鶲 *Lopura swinhoii*、虎鶲 *Turdus dauma* 和深山竹雞 *Arborophila crudiquilaris*) 定點之出現頻度資料，以曲線配置法計算各物種出現頻度與環境因子間之隸屬度函數，並進一步應用所得之函數，結合 GIS 的環境資料庫，推測無現場調查資料區域內動物族群之可能分布型式。由於野生

動物族群的分布具有連續性，其數量分布亦呈現連續變化而無明確界線，故空間分布若以具有固定邊界之假設前提（例如 Boolean 邏輯）為基礎，來推導野生動物之分布型式，在分析過程中將會損失有價值之資訊或減低分析之正確性 (Sui, 1992)，因此，本研究以 Zadeh (1965) 所提出之模糊集合理論為基礎進行分析，以符合動物的分布之特性。

本研究之成果將可提供多山或密林地區，對野生動物族群進行大面積、長時間研究及監測時之資料收集及分析方法。

## II 、材料及方法

### (I) 研究地點

本研究以「霧頭山自然保護區」為研究地點，本保護區位於屏東縣霧台鄉之中央山脈最南段西側，為國有林班地，屬屏東事業區第 23~27 林班，面積約 9,600 公頃，海拔 630~2,730 公尺。區內知本主山之巴油池（小鬼湖）為隘寮溪之源頭，經霧頭山、茶埔岩、南北大武山，形成有名的大武地疊。全區之年平均溫度約 10~14°C，年降雨量在 4,000mm 以上；土壤大略可分棕色黃壤土、崩積土及石質土三種（楊勝任，1990）。區內環境以天然闊葉林為主，主要植群型包括森氏櫟－毛柱紅淡林型 (*Cyclobalanopsis morii* – *Adiandra lasiostyla* type)、錐果櫟－假長葉楠林型 (*Cyclobalanopsis longinus* – *Persea japonica* type)、鐵杉林型 (*Tsuga chinensis* type)、紅檜－長尾柯林型 (*Chamaecyparis formosana* – *Castanopsis carlesii* type) 及台灣赤楊－川上氏石櫟林型 (*Alnus formosana* – *Acer kawakamii* type) 等五種 (陳朝圳，1993)。本保護區森林覆蓋完整，野生動物豐富，已有出現記錄的計有哺乳類 26 種及鳥類 86 種，其中台灣山羌、野豬 (*Sus scrofa taivana*)、長鬃山羊 (*Naemorhedus swinhonis*)、白鼻心 (*Paguma larvata taivana*)、台灣獼猴 (*Macaca cyclopis*)、



鼯鼠 (*Petaurista spp.*)、深山竹雞及藍腹鶲等在保護區內均為常見之物種 (周蓮香, 1993; 裴家騏, 未發表資料)。

## (II) 研究方法

### 1. 資料收集

本研究所用之自動照相設備為自行研發之機型 (滕民強, 1994)。該設備採用被動式紅外線感應系統，連接一台 YASHICA AW-mini 型自動對焦照相機。紅外線感應系統由 9 伏特乾電池供應電力，每顆電池約可維持六個月的有效工作時間。從 1995 年 10 月到 1996 年 5 月之間，在研究區內共使用自動照相設備 34 組，分別裝置於 17 個樣點，拍攝經過之地棲性野生動物。每個樣點各裝設兩組自動照相設備，其中一組架設位置較低 (< 1 m)，以拍攝小型 (松鼠以下) 的動物為主；另一組則為高位設置 (> 1.5 m)，主要拍攝中大型動物。樣點之選擇配合保護區內於 1989 年所設置的植物永久樣區 (陳朝圳, 1993)，以期利用現有之植被環境的資料進行後續之分析。在本報告中，由於樣點不多，未避免過當之分析，僅主觀選擇各永久樣區地理資料庫中之海拔高、坡度、坡向及全天光空域等四項地形環境因子，參與物種分布模式之推導。17 個樣區於四項環境因子中之差異及頻度分布如圖 1。

研究期間，每月一至兩次至研究區收集已拍攝完畢之底片卷、更換底片及照相機或紅外線感應器之電池。視不同樣點處野生動物出現頻度之多寡，每卷 36 張的底片所維持之拍攝時間約二至五週。總計獲得台灣山羌的照片 22 張、藍腹鶲 25 張、虎鶲 100 張及深山竹雞 42 張；另外，尚有其他動物 (包括：刺鼠 *Niviventer coxingi*、台灣高山白腹鼠 *Niviventer culturatus*、台灣森鼠 *Apodemus semotus*、赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*、長吻松鼠 *Dremomys pernyi owstoni*、條紋松鼠 *Tamiops swinhonis formosanus*、小鼯鼠 *Belomys pearsoni kaleensis*、鼬獾 *Melogale moschata subaurantiaca*、黃鼠狼 *Mustela sibirica*

*taivana*、黃喉貂 *Martes flavigula chrysospila*、穿山甲 *Manis pentadactyla*、山鶲 *Scolopax rusticola*、白尾鶲 *Cinclidium leucurum*、栗背林鶲 *Erithacus johnstoniae*、紫嘯鶲 *Myiophonus insularis*、鉛色水鶲 *Phoenicurus fuliginosus*、藪鳥 *Liocichla steerii* 以及前段曾提過本區常見之物種等) 的照片超過 1,000 張。

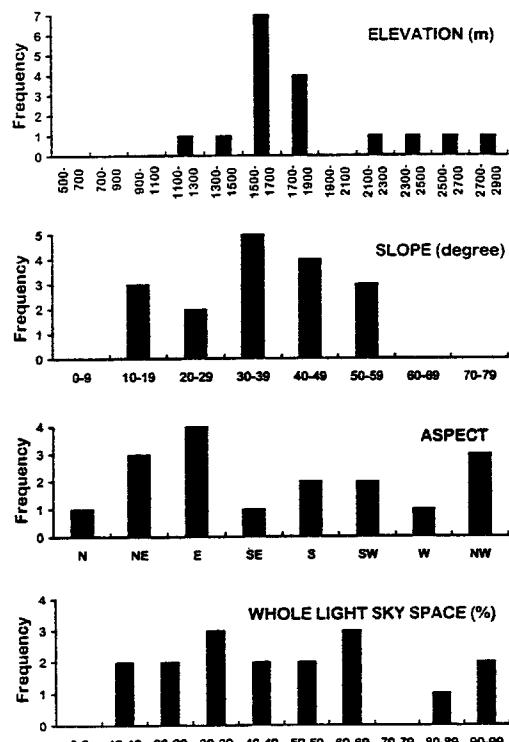


圖 1. 本研究在屏東「霧頭山自然保護區」內所設 17 個自動照相樣點的海拔高、坡度、坡向及全天空光域值的頻度分布

Fig. 1. Frequency distribution of the 17 auto-photographing sites in different ranges of the elevation, slope and the whole light sky space, and in different aspects for the present study in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

### 2. 動物出現頻度計算

本研究針對山羌、藍腹鶲、虎鶲及深山竹雞四種動物，分別計算各物種在各樣點之出現頻度，其計算方式為：



某物種在某樣點之出現頻度

$$= \frac{\text{該物種於該樣點被拍到之照片數}}{\text{該樣點相機的有效工作總時數}}$$

根據動物體型之大小，「有效工作總時數」係採用高位或低位相機之資料，照片數之計算亦然。此項計算之假設前提為「若一個物種在某環境中出現頻度越高，則在該環境中被拍照到的機會就越高」。

### 3. 地理資料庫之建立

利用農林航空測量所製作空間解析度為 40 m × 40 m 之數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 資料，推導研究範圍內之四項環境因子 (海拔高、坡度、坡向及全天空光域) 之網格化地理資料圖層，供推導野生動物族群的分布型式之用，其過程參見陳朝圳 (1993)。為求物種出現頻度與環境因子間之隸屬函數，環境因子需先加以分級，本研究中所使用環境因子之分級如表 1。

表 1. 本研究中所使用環境因子之分級  
Table 1. Categorization of the environmental factors used in this study

分級序號	海拔高(m)	坡度(度)	坡向	全天空光域
1	1201-1600	15-30	SW	10-30%
2	1601-2000	31-45	S	31-50%
3	2001-2400	46-60	W	51-70%
4	2401-2800		SE	71-90%
5			NW	> 90%
6			E	
7			N	
8			NE	

### 4. 各物種出現頻度與環境因子隸屬度函數之推導

本研究利用現場多次調查資料，求出各物種在不同環境下之出現率，由頻度分析得知，其分布呈現偏歪型長態分布，由於韋伯機率密度函數 (Weibull's Probability Density Function) 較能有

效模擬不同型態之曲線變化 (Bailey and Dell, 1973; Clutter *et al.*, 1983)，因此將樣區內各物種之出現頻度，配合其物理環境資料，以韋伯機率密度函數推導各物種對物理環境之隸屬度函數 (membership function)，韋伯機率密度函數如(1)式所示。(1)式中  $\alpha, \beta$  為曲線模擬係數，X 表物理環境因子 (本報告中為海拔高、坡度、坡向及全天空光域)。

$$F(X, \alpha, \beta) = \alpha \beta X^{(\beta-1)} \exp(-\alpha X^\beta) \quad (1)$$

各隸屬度函數之適切性以 K-S 適合度 (Kolmogorov-Smirnov Goodness of Fit) 檢定之。

### 5. 動物族群分布型式之模擬

利用各物種出現頻度之隸屬度函數，以模糊集合理論配合地理資訊系統，模擬各物種在保護區內可能之分布型式。根據模糊集合之定義， $UA(X) \rightarrow [0,1]$  (即  $0 \leq UA(X) \leq 1$ )。當  $UA(X)=0$  時，表示 X 不屬於這個模糊子集；而當  $UA(X)=1$  時，則表示該元素百分之百地屬於這個模糊子集 (Zadeh, 1965)。

本研究各物種於保護區內空間分布之模糊機率，係採用有限集合的模糊邏輯。各物種出現頻度對環境因子之隸屬度函數求解後，利用保護區之環境因子空間資料庫，可推導各物種於區內之空間分布型式。由於本研究之樣本 (點) 數並不多，尚無法適當的計算各環境因子對物種出現頻度的影響權重，因此暫時將各環境因子以等權重處理之。同時為方便圖形的表現，保護區內各網格 (40m × 40m) 所得之模糊機率以三等級 (0~0.30、0.31~0.60 及 0.61~1.00) 區分，並以「低出現機率」、「中出現機率」及「高出現機率」分別表示之。

## III 、結果

### (I) 出現頻度

自動照相的結果顯示，四個物種在 17 個樣點處之出現頻度均有差異。台灣山羌僅在其中的 5 樣點處被拍到照片，各點之出現頻度範圍為



0~0.0041；藍腹鷳在7處曾被拍照到，出現頻度之範圍為0~0.0092；虎鶲10處，出現頻度範圍為0~0.0193；而深山竹雞則是在其中的10處被拍照過，出現頻度範圍為0~0.0213。

## (II) 隸屬度函數求解

四種野生動物對四個環境因子進行隸屬度函數配置結果，除虎鶲的出現頻度與坡度間的函數式未達顯著水準外(K-S適合度檢定： $p > 0.05$ )，其餘15個隸屬度函數均達極顯著之水準(K-S適合度檢定： $p < 0.01$ ：表2)。

表2. 「霧頭山自然保護區」內台灣山羌、藍腹鷳、虎鶲及深山竹雞的韋伯機率密度函數<sup>1</sup>之曲線擬合係數( $\alpha, \beta$ )值

Table 2. Parameters ( $\alpha, \beta$ ) of the Weibull's Probability Density Functions<sup>1</sup> for the Formosan Reeves' muntjac, Swinhoe's pheasant, White's ground thrush, and the Taiwan hill partridge in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung

種名	環境因子	$\alpha$	$\beta$
台灣山羌	海拔高	0.6078	2.2835
	坡度	0.5741	2.1296
	坡向	0.5589	2.0742
藍腹鷳	全天空光域	0.5805	2.1070
	海拔高	0.7635	2.3015
	坡度	0.6339	2.1466
虎鶲	坡向	0.6132	2.1219
	全天空光域	0.6494	2.1881
	海拔高	0.6030	2.2218
深山竹雞	坡向	0.6304	2.1983
	全天空光域	0.6002	2.2086
	海拔高	0.8715	2.3157
	坡度	0.5997	2.1562
	坡向	0.6366	2.1940
	全天空光域	0.6080	2.1736

<sup>1</sup> 韋伯函數： $F(X, \alpha, \beta) = \alpha \beta X^{(\beta-1)} \exp(-\alpha X^\beta)$ ；其中  $X$  為各環境因子。

依據推估所得之隸屬度函數，四種動物在研究區內之空間分布，均隨著海拔高的增加而遞減(圖2)。其中，藍腹鷳及深山竹雞兩種受海拔高度變化之影響較明顯，其隸屬度之變化由海拔1,200公尺處的0.8，而至海拔1,800公尺處隸屬

度接近0；山羌及虎鶲隨海拔增加隸屬度的降低趨勢則較為緩和，且在區內之海拔高分布上限較前兩種略高，接近2,000公尺(圖2)。在坡度方面，除了虎鶲以外，其他三種動物之隸屬度變化模式相類似，均隨著坡度的增加而遞減，且在坡度超過45°時，不適於這四種動物的活動(圖3)。

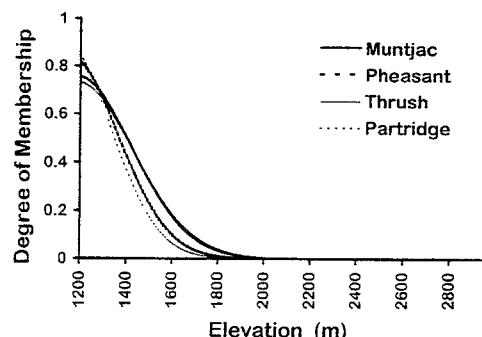


圖2. 台灣山羌、藍腹鷳、虎鶲及深山竹雞在屏東「霧頭山自然保護區」內，隸屬度隨海拔高之變化

Fig. 2. Changes in the degree of membership along with the elevation gradient for Formosan reeves' muntjacs, Swinhoe's pheasants, White's ground thrushes and Taiwan hill partridges in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

在坡向方面，雖然17個樣點所在之坡向包括了所有8個方位，且頻度分布尚稱均勻(圖1)，但依據隸屬度函數所計算之結果顯示，四種動物對坡向都具有選擇性，以西南(SW)及南(S)向坡其活動較為頻繁，其他坡向之環境則較少利用(圖4)。

在光量環境方面，除了虎鶲在較低的全天空光域環境下，有較高得隸屬度外，其餘三物種其隸屬度變化模式較接近，皆隨著全天空光域值之增加而有遞減之趨勢，且四種動物在全天空光域值超過50%時，其隸屬度接近0(圖5)。

(III) 動物族群在「霧頭山自然保護區」內之空間分布模擬



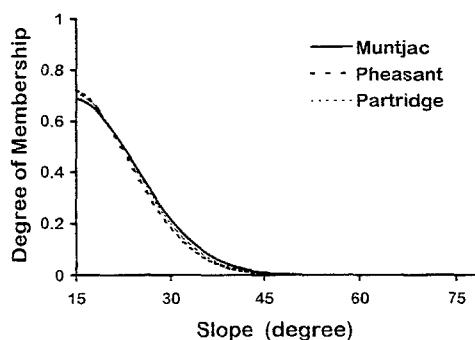


圖 3. 台灣山羌、藍腹鶲及深山竹雞在屏東「霧頭山自然保護區」內，隸屬度隨坡度之變化

Fig. 3. Changes in the degree of membership along with the slope gradient for Formosan reeves' muntjacs, Swinhoe's pheasants, and Taiwan hill partridges in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

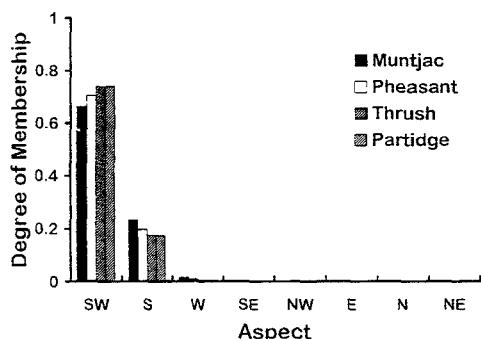


圖 4. 台灣山羌、藍腹鶲、虎鶲及深山竹雞在屏東「霧頭山自然保護區」內，隸屬度在各坡向間之變化

Fig. 4. Changes in the degree of membership among the different aspect for Formosan reeves' muntjacs, Swinhoe's pheasants, White's ground thrushes and Taiwan hill partridges in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

利用表 2 所列之各隸屬度函數，以有限集合之模糊集合理論，配合研究區之環境資料 ( $40m \times 40m$  之網格資料) 庫，以 GIS 為工具模擬台灣山羌、藍腹鶲、虎鶲及深山竹雞等四種野生動

物在保護區內之族群及相對數量之空間分布型式 (圖 6)。由於研究區之海拔高由東、南側向西側遞減，而區內由北方邊界向南依序有巴巴那斑溪、哈尤溪、喬國拉次溪及隘寮北溪等溪流，根據本模擬，流向皆由東或南向西匯流，穿越全區，因此，根據本模擬，四種動物之空間分布皆以本區的中部及西部出現頻度較高，且以溪谷的西南或南向坡為最適合之棲息環境。此項模擬結果也顯示，前述四種動物在保護區內最適合之棲息環境面積相差不多，唯深山竹雞及虎鶲在保護區內之分布範圍較小，台灣山羌及藍腹鶲之分布範圍則較廣 (圖 6)。

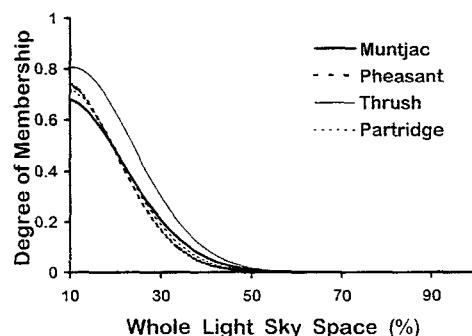


圖 5. 台灣山羌、藍腹鶲、虎鶲及深山竹雞在屏東「霧頭山自然保護區」內，隸屬度隨全天空光域值之變化

Fig. 5. Changes in the degree of membership along with the whole light sky space gradient for Formosan reeves' muntjacs, Swinhoe's pheasants, White's ground thrushes and Taiwan hill partridges in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

#### IV、討論

地理資訊系統技術雖已被廣泛的應用在國內大面積的環境、生態管理與規劃 (葉慶龍等，1991；陳朝圳，1993)，但由於過去大部分野生動物資料的收集 (例如：訪問、痕跡尋找、偶而目擊等)，並無法有效的與地理資訊系統進行資料整合，來探討物種空間分布的狀態。而在國外為獲得動物族群分布資料及數量估計常用之地



面調查方法(例如：目擊記錄、穿越線法、糞堆計算法、重複捕捉法、空中飛行調查等)，在國內山區環境中很難適用，故至目前為止，對於野生動物及其棲息環境的經營管理與保育仍缺乏適當的調查工具與方法。

另外，由於自動照相設備具備定點資料收集

之特點，適合進行長期野生動物族群之監測；而其可同時收集多種物種的特性，亦可在短時間內有效的建立共棲物種的資料，以及探討野生動物群聚 (community) 之結構，將顯著的增加目前生態系統經營管理之基礎。

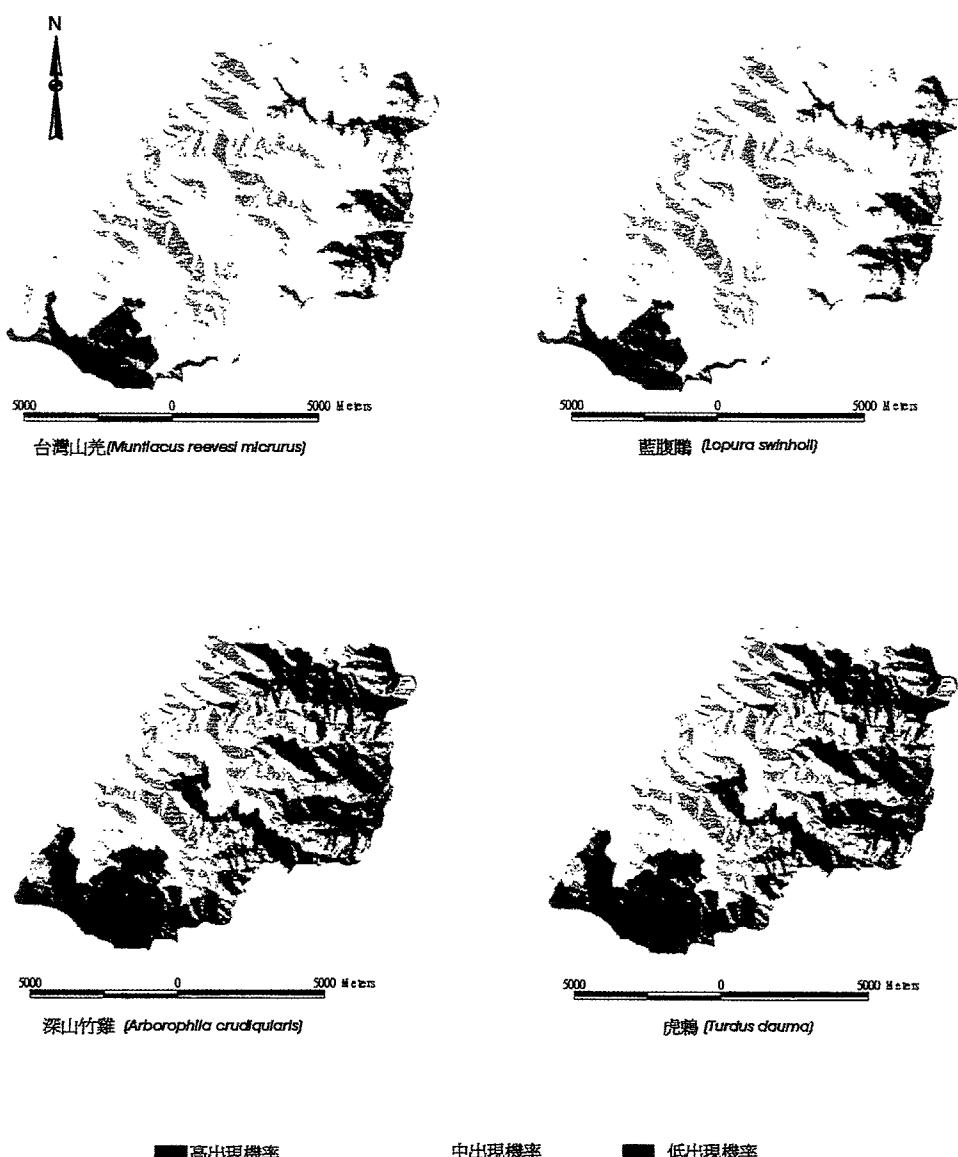


圖 6. 台灣山羌、藍腹鷳及深山竹雞在屏東「霧頭山自然保護區」內族群及相對數量之可能分布模式

Fig. 6. Possible population and relative abundance distribution pattern for Formosan reeves' muntjacs, Swinhoe's pheasants, White's ground thrushes and Taiwan hill partridges in the Wu-tou Mountain Natural Reserve, Pingtung.

依據本研究所得之隸屬度函數，台灣山羌、藍腹鶲、虎鶲及深山竹雞等四種動物在本保護區內之分布，主要在海拔高 2 000 公尺以下、坡度小於 45°、坡向為西南或南向，以及全天空光域值小於 50% 的環境（圖 2~5）。由於本省西南向及南向坡面均屬較乾燥之環境，地被之高度通常較為低矮且覆蓋較為稀疏（劉棠瑞、蘇鴻傑，1983），如此之選擇性顯示這四種野生動物，均傾向在地表障礙較少之處活動，而此點也可能解釋為何這些動物較不分布在全天空光域值高的環境，因為全天光空域值高的地點，植群將受高光量之影響，地被植群側枝繁密，使得穿透度較差。另外，在本研究區內，全天光空域值超過 50% 的地點，其地形環境均接近稜線，土壤相當乾燥且水源缺乏（陳朝圳，1993），很可能也因此而不利於野生動物的活動。

雖然在本研究過程中，並沒有在未採樣點地區，進行後續的現地取樣資料收集，以評估大面積族群分布模式模擬之正確度，但是，依據隸屬度函數所描述之各物種與環境因子間的關係，皆與目前對這些物種的了解相似（王敏男，1989；王嘉雄等，1991；劉小如，1995；裴家麒，個人觀察），因此，圖 6 當中所呈現之分布型式應仍具有相當之參考性。不過，後續之現場取樣以評估其有效程度仍為必要。同時，由於目前所設樣點的海拔分布明顯的缺少 1000 公尺以下，以及 2000 公尺以上之樣點（圖 1），本研究之結果在低海拔及高海拔範圍之正確性，應待低、高海拔地區之樣點資料增加後再行確認。

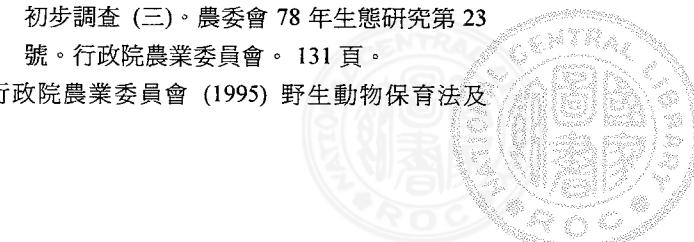
有趣的是，如果圖 6 中之分布型式具代表性，則體型較大的山羌和藍腹鶲在保護區內的分布環境相似，而體型較小的深山竹雞和虎鶲的分布相似。由於動物的許多生理現象（例如：新成代謝、能量需求、成長生殖等）、對環境的適應和行動的方式，甚至生活史的特徵都與動物體型的大小有相當密切的關係（Calder III，1984；Schmidt-Nielsen，1984；Reiss，1989），這項結果是否表示動物體型的大小也會影響動物對地形環境之選擇和利用？值得進一步的探討。

## V 、誌謝

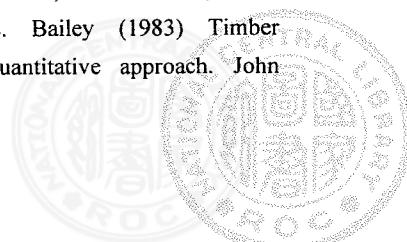
本研究承行政院農委會及林務局之經費補助（計畫編號：84 保育—10(5)及 85 保育—19(18)）。研究助理李登庸、李文正、吳振漢、鍾文真、羅達成、許志勇等協助野外資料之收集及資料初步的分析，工作艱辛；兩位初稿的審稿者所提之修改意見，對本文初稿之修訂相當寶貴，僅在此一併感謝。

## VI 、引用文獻

- 王敏男（1989）台灣山羌之生物學研究—分布現況及性別與年齡的辨別。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。79 頁。
- 王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮（1991）台灣野鳥圖鑑。亞舍圖書有限公司。274 頁。
- 王穎、孫元勳（1989）太魯閣國家公園「陶塞溪，蓮花池和神秘谷」鳥類生態研究。太魯閣國家公園管理處。63 頁。
- 王穎、孫元勳（1990）大鬼湖及霧頭山地區動物相調查，第 87~94 頁。農委會 79 年生態研究第 30 號。行政院農業委員會。186 頁。
- 王穎、印莉敏（1992）墾丁國家公園有蹄類及食肉目動物調查。墾丁國家公園管理處。54 頁。
- 王鑫、楊遠波、呂勝由、王穎、李玲玲、呂光洋、趙榮台（1987）大武山自然資源之初步調查（一）。農委會 76 年生態研究第 15 號。行政院農業委員會。75 頁。
- 王鑫、楊遠波、陳擎霞、石磊、王穎、呂光洋、李玲玲、趙榮台（1988）大武山自然資源之初步調查（二）。農委會 77 年生態研究第 20 號。行政院農業委員會。93 頁。
- 王鑫、楊遠波、陳擎霞、石磊、王穎、呂光洋、李玲玲、趙榮台（1989）大武山自然資源之初步調查（三）。農委會 78 年生態研究第 23 號。行政院農業委員會。131 頁。
- 行政院農業委員會（1995）野生動物保育法及



- 相關法令彙編。行政院農業委員會。44 頁。
- 呂光洋、邱劍彬、陳宜隆、張巍薩 (1989) 出雲山野生動物自然保護區之動物相調查。林務局保育研究系列 79-02。34 頁。
- 呂光洋、張巍薩、花炳榮 (1990) 玉里野生動物自然保護區之動物相調查。臺灣省林務局保育研究系列 79-02 號。66 頁。
- 李玲玲 (1988) 太魯閣國家公園沙卡噹溪哺乳動物資源調查報告。太魯閣國家公園管理處。20 頁。
- 李玲玲 (1992) 太魯閣國家公園齧齒類動物相調查。太魯閣國家公園管理處。72 頁。
- 林務局 (1994) 第三次台灣森林資源及土地利用調查—野生動物資源調查。台灣省政府農林廳林務局。151 頁。
- 林良恭 (1981) 台灣陸生哺乳動物研究。東海大學生物學研究所碩士論文。384 頁。
- 林宗穎 (1996) 霧頭山保護區刺鼠活動模式之研究。中山大學生命科學研究所碩士論文。50 頁。
- 林曜松 (1989) 雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。85 頁。
- 林曜松、陳擎霞、盧堅富、梁輝石 (1991) 太魯閣國家公園動物相與海拔高度、植被之關係研究。太魯閣國家公園管理處。59 頁。
- 林曜松、劉炯錫 (1991) 南澳湖泊闊葉樹林自然保護區動物相調查研究。臺灣省林務局保育研究系列 80-07 號。49 頁。
- 林曜松、楊平世、李玲玲、李培芬、李後晶、呂光洋、吳文哲、洪淑彬、莊鈴川、許洞慶、陳俊宏、劉小如 (1996) 台灣地區動物資料庫之建立—第一、二年總報告。國立台灣大學。708 頁。
- 周蓮香 (1991) 出雲山野生動物自然保護區之動物相調查 II。林務局保育研究系列 80-06。17 頁。
- 周蓮香 (1993) 霧頭山自然保護區動物相之初步調查研究。臺灣省農林廳林務局。40 頁。
- 郭達仁 (1986) 玉山國家公園鳥類生態調查與研究。玉山國家公園管理處。95 頁。
- 陳朝圳 (1993) 地理資訊系統在森林經營管理上之應用—以自然保護區為例。中興大學博士論文。234 頁。
- 葉慶龍、陳朝圳、鍾玉龍、范貴珠 (1991) 地理資訊系統應用於臺灣穗花杉族群變化之研究。臺灣省林務局保育研究系列 81-04 號。49 頁。
- 楊勝任 (1990) 霧頭山自然保護區土壤性質及植被生態之研究。屏東農專學報 32: 194-212。
- 裴家騏 (1993) 臺東海岸山脈闊葉林自然保護區動物相之調查 (I)。臺灣省林務局保育研究系列 82-05 號。20 頁。
- 裴家騏 (1994) 臺東海岸山脈闊葉林自然保護區動物相之調查 (II)。農林廳林務局保育研究系列。29 頁。
- 裴家騏 (1997) 臺灣穗花杉 (*Amentotaxus formosana*) 自然保留區之鳥類及哺乳動物相。中華林學季刊 30(2): 131-150。
- 歐保羅、林良恭 (1990) 玉山國家公園東埔地區哺乳類動物調查報告。玉山國家公園研究叢刊 1025 號。58 頁。
- 滕民強 (1994) 自動照相設備之改良。野生動物保育彙報及通訊 2(3): 11-12。
- 劉小如 (1996) 台灣特有的珍稀鳥類—藍腹鵲。玉山國家公園管理處。51 頁。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。台灣商務印書館發行。462 頁。
- Aronoff, S. (1989) Geographic information systems: A management perspective. WDL Publ., Ottawa, Ont., Canada. 294pp.
- Bailey, R. L. and T. R. Dell (1973) Quantifying diameter distribution with the Weibull Function. Forest Science 19: 97-104.
- Calder III, W. A. (1984) Size, function, and life history. Harvard University Press, Cambridge. 431pp.
- Clutter, J. L., J. C. Fortson, L. V. Pienaar, G. H. Brister and R.L. Bailey (1983) Timber management a quantitative approach. John



- Wiley & Sons, New York. 333pp.
- Grubb, T. G. (1988) Pattern recognition-a simple model for evaluating wildlife habitat. Research Note RM-487. Fort Colins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 5pp.
- Kempka, R. G., R. P. Kollasch and G. T. Koeln (1992) Ducks unlimited: using GIS to preserve the Pacific flyway's wetland resource. *GIS World* 5: 46-52.
- Knick, S. T. and D. L. Dyer (1997) Distribution of black-tailed jackrabbit habitat determined by GIS in southwestern Idaho. *J. Wildlife Management* 61(1): 75-85.
- Miller, R. I., S. N. Stuart and K. M. Howell (1989) A methodology for analyzing rare species distribution pattern utilizing GIS technology: the rare birds of Tanzania. *Landscape Ecology* 2: 173-189.
- Nicholson, M. C. and R. T. Bowyer (1992) Deer in a changing environment: the role of GIS in wildlife management. pp. 304-310 in Proceedings of the American Soc. for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)/ American Congress on Surveying and Mapping (ACSM)/ RT 92 Convention on Mapping and Monitoring Global Change, Volume 5: Research Technology. ASPRS and ACSM Publ., Bethesda, MD. 541pp.
- Pei, K. (1995a) Activity Rhythm of the spinous country rat (*Niviventer coxingi*) in Taiwan. *Zoological Studies* 34(1): 55-58.
- Pei, K. (1995b) Recent data on the use of auto-trigger camera to record activity patterns of wild animals in Taiwan. pp. 320 in N. Botev, ed. *Proceedings of the International Union of Game Biologists 22nd Congress*, Sofia, Bulgaria. 531pp. (abstract)
- Reiss, M. J. (1989) *The allometry of growth and reproduction*. Cambridge University Press, Cambridge. 182pp.
- Schmidt-Nielsen, K. (1984) *Scaling: Why is animal size so important?* Cambridge University Press, Cambridge. 241pp.
- Stenback, J. M., C. B. Travlos, R. H. Barrett and R. G. Congalton (1987) Application of remotely sensed digital data and a GIS in evaluating deer habitat suitability on the Tehama deer winter range. pp. 440-445 in *Second Annual International Conference on GIS*, San Francisco, CA. 756pp.
- Sui, D. E. (1992) A fuzzy GIS modeling approach for urban land evaluation. *Computer Environment and Urban Systems* 5(16):101-115.
- Walker, P. A. (1990) Modeling wildlife distributions using a geographic information system: kangaroos in relation to climate. *J. Biogeography* 17: 279-289.
- Williams, D. C. and J. G. Lyon (1991) Use of a geographic information system data base to measure and evaluate wetland changes in the St. Marys River, Michigan. *Hydrobiologia* 219: 83-288.
- Williams I. B., Jr., R. A. Stehn and G. R. Balogh (1995) GIS for mapping waterfowl density and distribution from aerial surveys. *Wildlife Society Bulletin* 23(2): 140-147.
- Yonzon, P., R. Jones and J. Fox (1991) Geographic information systems for assessing habitat and estimating population of red pandas in Langtang National Park, Nepal. *Ambio* 20: 285-288.
- Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control* 8: 338-353.

