

研究對象

王穎等 (1994) 觀察於關原地區使用巢箱的鳥種有青背山雀、煤山雀 (*Parus ater*)、茶腹鴉 (*Sitta europaea*) 及棕面鶯 (*Abroscopus albogularis*)，此四種鳥同屬雀形目 (Order *Passeriformes*)，其中青背山雀屬山雀科山雀屬，因地理隔離之因素而被定義為台灣特有亞種 (Harrap & Quinn 1996)，其形值特徵與育雛行為敘述如下：

青背山雀

頭部到頸部為亮麗之黑藍色，兩頰有白色斑塊，背部為青綠色，腹面兩側為黃色，中間有明顯的黑色縱帶延伸到尾部，翼有兩條白色翼帶。雄雌同色，但雌鳥腹部的黑色縱帶較短且窄 (顏重威等 1996)，亞成鳥的體色較淡。在分類群中，青背山雀和大山雀屬同一群，為台灣特有亞種 (Harrap & Quinn 1996; 顏重威等 1996)。

青背山雀棲地分佈廣，分佈於中海拔闊葉林、針葉林、混合林上層都可見到其蹤跡，冬季會降遷到低海拔的地區。主要繁殖季於 3-7 月，但台灣也有全年繁殖的記錄 (Harrap & Quinn 1996)。

在繁殖生物學方面，青背山雀之孵卵期為 18~19 天，育雛期為 21~23 天，平均窩卵數為 6.3 ± 0.71 枚/巢，平均雛數為 6.1 ± 0.60 隻/巢，雛鳥孵化率為 96.5%，離巢率為 96.5%，巢材組成以苔蘚類 (66.80%) 和獸毛 (33.20%) 為主 (王穎等 1994)。在育雛期早期主要由雄鳥擔任餵食的工作，雌鳥則以孵雛和保暖之工作為主，在育雛期中期後，則由兩性親鳥共同擔任餵食之工作。親鳥每趟餵食只帶一項食物回巢 (single loading species)，通常每趟啣回巢的食物只餵食給一隻雛鳥 (蕭明堂及王穎 2005)。食物種類以蠕蟲和毛蟲 (72-90.4%) 為主 (王穎等 1994; 莊美真 2006)，在育雛期早期，親鳥餵食雛鳥的食物較其他育雛階段中親鳥所餵食的食物來的小 (黃正龍 1996)。

研究地點

樣區及巢箱設置

研究地點位於太魯閣國家公園境內之關原地區（圖一），全區位於東經 $121^{\circ}19'45''\sim 121^{\circ}20'15''$ 及北緯 $24^{\circ}11'00''\sim 24^{\circ}11'30''$ 之間，介於畢祿山南麓與立霧溪上游之塔次基里溪之間，海拔 2300~2400 公尺，本研究沿用王穎等（1994）、黃正龍（1996）及林康酋（1999）於關原地區所設置之樣區，位於省 8 號公路（中部橫貫公路）116K 上下坡之 4 塊各約 1.5 公頃面積之林地（樣區 I、II、III、IV），每一樣區中設置 30 個巢箱，共計有 120 個巢箱，巢箱離地約 3 公尺，其間之距離約為 20~25 公尺，洞口皆朝南，巢箱規格為 14 x 15 x 20 公分，巢箱頂蓋可掀開，以便於觀察。由於前人所設置的巢箱部分已老舊腐壞，因此吾人在 2004 年 1 月於樣區中，原來 120 個巢箱之正下方重新設置 120 個新巢箱，新巢箱洞口依舊朝南，但新巢箱高度（ 274.5 ± 22.5 公分）比舊巢箱（ 312.1 ± 22.5 公分）略低，同一編號之新舊巢箱以“(n)”或“(o)”區別，例如：巢#116_(n)表編號第 116 號之新巢箱，巢#116_(o)表編號第 116 號之舊巢箱；另外在關原加油站對面的森林步道沿路設置 10 個新巢箱（樣區 A），在觀雲山莊周圍設置 17 個巢箱（樣區 B）。有效之舊巢箱數共計有 72 個，有效之新巢箱數共計有 147 個。

實驗地描述

樣區設置地點屬林務局木瓜林區管理處之經濟造林地，為立霧溪事業區之第 66 林斑地，樣區中主要樹種為樹齡已超過 30 年之台灣二葉松（*Pinus taiwanensis*），造林密度為 1965 株/公頃，平均覆蓋度為 $57\% \pm 7.1\%$ ，樹徑為 21.5 ± 5.0 公分（王穎等 1994），林中有少量之台灣紅榨槭（*Acer morrisonense*）、高山槭（*Quercus spinosa*）、褐毛柳（*Salix fulvopubescens*）及大葉溲疏（*Deutzia pulchra*）等灌喬木，林下則以五節芒（*Miscanthus sinensis*）和玉山箭竹（*Yushania niitakayamensis*）為主，夾雜零星之紅毛杜鵑（*Rhododendron rubropilosum*）、高

山薔薇 (*Rosa transmorrisonensis*) 及咬人貓 (*Urtica thunbergiana*)。另外，於觀雲山莊周圍與關原加油站對面之森林步道之林相亦為二葉松人造林。

研究期間於樣區中曾聽見或目擊之哺乳動物為台灣小鼯鼠 (*Belomys pearsoni kaleensis*)、條紋松鼠 (*Tamiops swinhoei formosanus*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus roberti*)、山羌 (*Muntiacus reevesii micrurus*)、台灣獼猴 (*Macaca cyclopis*) 及台灣黑熊 (*Selenarctos thibetanus formosanus*)。在太魯閣國家公園高山地區動物資源基礎調查 (吳海英等 2004) 中，於鄰近之合歡山區亦記錄到黃喉貂 (*Martes flavigula chrysospila*)、華南鼬鼠 (*Mustela sibirica davidiana*) 及鼬獾 (*Melogale moschata subaurantiaca*) 等小型食肉目動物，雖然吾人在研究期間並未目擊到上述動物，然而在巢箱監測中，曾發現巢箱內有疑似華南鼬鼠 (*Mustela sibirica davidiana*) 之排遺及小型食蟲目哺乳動物之屍體。另外，於研究期間在樣區中亦目擊到高砂蛇 (*Elaphe mandarina takasago*)、臭青公 (*Elaphe carinata*) 及台灣赤煉蛇 (*Rhabophis tigrinus formosanus*) 等蛇類。

研究方法

繁殖概況及利用情形

吾人分別於 2004 年 2 月和 2005 年 1 月巡視樣區，將前年被鳥類使用繁殖的巢箱中之巢材清除，以便日後監測。鳥巢箱監測於在非繁殖季期間，每個月定時巡視樣區，檢查巢箱中是否有巢材或新鮮的鳥排遺出現，以確定是否有鳥即將利用巢箱進行繁殖。在繁殖季期間，每星期至少巡視一次樣區，檢查巢箱，檢查時以折疊式鋁梯爬至該處觀察，於表格（附錄一）中記錄親鳥築巢、產卵及雛鳥孵化、離巢日期，每巢窩卵數、雛數及成功離巢雛數，輔以數位相機拍照。並計算巢中第一隻孵出雛鳥和最後一隻孵出雛鳥之孵化間隔（Hatching spread, HS）。

錄影器材架設及資料收集

黃正龍（1996）將青背山雀雛鳥於育雛期中，日齡與其重要形值變化作整理：

以第一隻雛鳥孵出之當天的日齡記為第 0 天，雛鳥在日齡 5~6 天時翅之羽鞘（shaft）突出，7~8 日齡時尾羽之羽鞘突出且眼部之縫開始裂開，9~10 日齡時翅羽之毛開始自羽鞘突出，且眼睛已可張開，11~12 日齡時尾羽之毛自羽鞘突出，15~16 日齡時飛羽發育近完成。

由於本研究主要針對親鳥食物分配和雛鳥間之競爭作探討，因此著重在雛鳥日齡第 10 天之後到雛鳥離巢這段時間。本研究使用錄影機記錄雛鳥的乞食行為和親鳥的餵食行為。將小型監視器用魔鬼氈黏附在巢箱蓋內側，電線延伸連接至手提式 D8（SONY TRV 340、TRV 740）或 DV（SONY DCR-HC32）錄影機，使用汽車電瓶作為電源，錄影機和電池放置在離巢箱 10 公尺以上的整理箱中，監視器和錄影機之架設多在親鳥開始孵卵後至育雛期早期（~Day = 7）這段時間中進行，使親鳥有足夠的時間適應小型監視器的存在，當親鳥已開始孵卵後，沒有一巢親鳥因為架設錄影器材而棄巢的。

錄影資料的收集自雛鳥孵化後第 11 天到雛鳥離巢，每隔一天錄影一次（Day

= 11、13、15、17、19)，每天 0500-1800 hr，記錄親鳥餵食和雛鳥乞食的行為，之後將所錄的影帶轉進電腦後，使用繪聲繪影軟體（Ulead VideoStudio 7，友立公司），每秒分割成 30 格畫格，來進行行為分析。

親鳥和雛鳥的標記辨識

成鳥在雛鳥孵出後進行捕捉，捕捉方法為研究者在巢箱附近等待，待親鳥進巢後，以手抄網蓋住巢箱洞口後捕捉，捕獲個體以電子秤（JASEVER，單位為 g，有效數字至小數點以下一位）和電子游標尺（Mitutoyo，單位為 mm）測量體重（weight）、喙長（bill length）、全頭長（head length）、跗趾長（taesus length）、自然翼長（natural wing length）、尾長（tail length）、全身長（body length）、兩頰白斑的長寬（White spot）及腹部黑色縱帶寬度（Black belt），檢視是否有無孵卵斑發育。用鋁環、色環上標，並塗抹白色壓克力顏料在頭部，以便在巢箱中辨識親鳥性別，另外抽取 50ul 的血液以 DNA 作親緣關係鑑定。

雛鳥於孵化後第 7 至 9 天時，給予上 1~2 個色環，以不同顏色色環之組合作為錄影帶分析中雛鳥個體辨識的依據，並以電子秤予以秤重，之後於 Day = 11、13、15、17、19 時，再次秤重，於 Day = 11~13 時，給予雛鳥上鋁環，並拔雛鳥的羽鞘以進行 DNA 性別及親緣關係鑑定。

性別鑑定是藉由雄鳥和雌鳥性染色體之差異來進行判別，雄鳥為 ZZ，雌鳥為 ZW，利用膠體電泳所得的片段來判斷其性別（附錄二）；親緣關係鑑定則是比對親鳥和雛鳥的微衛星體基因座（polymorphic microsatellite loci）來判斷巢中是否有偶外交配子代（Wang et al. 2005; 王玫婷 2005, 附錄三）；兩者皆是由國立台灣師範大學 生命科學所 遺傳多樣性實驗室的王玫婷及羅文穗進行分析。

錄影帶資料取樣

研究初期針對一巢（巢#11_(n)）觀察親鳥整天餵食頻率，由雛鳥孵出後第 11

天至第 19 天，每隔一天進行一次全天的觀察 (Day = 11、13、15、17、19)，記錄雄鳥和雌鳥進巢餵食的頻率，然後比較全天觀察和每天只抽樣觀察 3 小時所記錄的餵食頻率是否有所差異。結果顯示：取樣所得到的雄鳥餵食頻率 ($mean \pm 1 SE$) 為 4.4 ± 0.36 (趟數/時)，雌鳥餵食頻率為 0.87 ± 0.36 (趟數/時)；實際全天觀察所得到的雄鳥餵食頻率為 4.03 ± 0.36 (趟數/時)，雌鳥餵食頻率為 0.77 ± 0.36 (趟數/時)，取樣和實際所觀察的餵食頻率之間沒有顯著差異 (ANOVA: $F = 0.417, P = 0.527$)，不同性別的親鳥餵食頻率有顯著差異 (ANOVA: $F = 88.474, P < 0.001$)，不同性別和不同資料來源之間沒有顯著交互作用 (ANOVA: $F = 0.142, P = 0.7117$)。

以上面初步的結果作為依據，之後的錄影帶資料分析採取從雛鳥孵出後第 11 天開始，至第 19 天，每隔一天抽樣 (Day = 11、13、15、17、19，共 5 天)，每天上午抽樣分析 1.5 小時，下午抽樣分析 1.5 小時，全天共 3 小時，抽樣的時段為逢機，避免只觀察到某些時段，而造成資料的偏差。

錄影帶資料分析

當親鳥餵食雛鳥時，往往不能一次成功，當親鳥餵入食物後，若雛鳥沒有即時將食物吞入，或是食物太大，雛鳥無法吞入，親鳥就會將食物取出，調整角度重新餵食，重新再餵食時，親鳥可能會餵食同一隻，或是不同隻雛鳥，以最後一次雛鳥確實吃到、吞入食物的該次餵食計為成功餵食，在成功餵食之前，親鳥嘗試的次數都算為嘗試餵食，影帶的資料分析都只針對成功餵食的那一次餵食進行分析。於每趟餵食事件中，記錄下面的變數至表格 (附錄四、五)：

親鳥：

- (1) 進出巢箱的時間。
- (2) 性別。
- (3) 親鳥進巢後位置：為親鳥進巢後踏到苔蘚巢材之位置。

- (4) 親鳥餵食前位置：為親鳥在巢杯邊緣靜止不動、要瞄準目標雛鳥，有餵食動作之前一畫格 (aiming phase)，親鳥所佔的位置 (Smith & Montgomerie 1991)。
- (5) 食物大小：以親鳥之喙長為度量單位，記錄親鳥啣回巢的食物相對於喙長之長及寬，再以長乘以寬代表食物大小。
- (6) 親鳥嘗試餵食次數。

雛鳥：

- (1) 餵食前雛鳥和親鳥間的距離 (Distance rank)：為親鳥餵食前，雛鳥與親鳥喙長間的距離，換算成相對距離之等級，最靠近親鳥的雛鳥記錄為"1"，依次下去為 2、3、...。
- (2) 乞食高度 (Height rank)：為雛鳥乞食時，個體間相對的高度，由 1=最高，依次下去為 2、3、...。
- (3) 乞食順序 (Start rank)：為雛鳥張嘴乞食之順序，由 1=最早，依次下去為 2、3、...。
- (4) 被餵食的雛鳥：為獲得食物的雛鳥個體。

雛鳥和親鳥間距離、乞食高度和乞食順序都皆為等級資料，只計算有乞食個體之等級 (如果有 4 隻雛鳥乞食，等級由 1-4；如果只有 3 隻雛鳥乞食，等級由 1-3)，若兩隻雛鳥的等級相同時 (如：同時張嘴乞食、和親鳥之距離相同或乞食時高度相當)，則取其平均數，兩隻皆記錄為"1.5"，之後的雛鳥則記錄為"3"，由於在每趟餵食中，張嘴乞食的雛數不同而很難做相互之比較，故將記錄到等級指標藉由公式 $rank' = (rank - 1) / (number\ that\ begged - 1)$ 標準化 (Smith & Montgomerie 1991; Teather 1992)，標準化後的等級 (rank') 介於 0~1 之間。並記錄雛鳥在親鳥餵食前的張嘴乞食次數，將雛鳥在每觀察時段中張嘴乞食的次數除以親鳥進巢的次數作為雛鳥的乞食百分比 (begging percentage)。

在親鳥位置分析上，將錄影機的螢幕劃分成 7 個區塊 (圖二)，中央為 1 個圓形巢杯，旁邊 6 個區塊 (方法類似 McRae et al. 1993; Kölliker et al. 1998)，每個區

域為 60°，將親鳥進巢的洞口之角度定為 0°，記錄每隻親鳥進巢後所站的區塊和餵食前時的區塊。

雛鳥體重排名 (Body size rank)

青背山雀雛鳥孵出的時間並不一致，因此雛鳥間的體重有相對的大小，為了檢測巢中雛鳥體重大小和乞食行為、獲得食物量上的關連，將每巢雛鳥依據當天的體重資料進行排名，1 為體重最重的個體，依次下去為 2、3...，若同時有兩隻雛鳥的體重相同，則取其等級的平均值，由於不同巢的雛數不同，無法互相比較，因此將體重排名等級由公式 $\text{rank}' = (\text{rank} - 1) / (\text{brood size} - 1)$ 標準化 (Smith & Montgomerie 1991; Teather 1992)，標準化後的等級 (rank') 介於 0~1 之間。

由於雛鳥體重在整個育雛期中為動態的變化，雛鳥間的體重排名並非持續穩定地維持至雛鳥離巢，因此在資料分析上以錄影當天所進行形值測量之體重轉換為該天錄影資料分析中的體重排名。在育雛期後期 (Day = 19)，巢中雛鳥可能因為人為的干擾而提早離巢，因此第 19 天的體重資料只有 2004 年的一巢有測量。另外，由於 2004 年為研究初期，雛鳥並非在錄影的當天都有秤重，因此在資料分析中，只去分析有進行秤重的天數。

雛鳥孵化順序 (Hatching order)

前期觀察 2 巢 (巢#113_(o)、#116_(o)) 青背山雀雛鳥體重在育雛期中之變化，自雛鳥孵出後即給予雛鳥上標，發現雛鳥的孵化順序會反應在雛鳥的體重上，且這樣的差異至少可維持至雛鳥孵出後第 7~9 天 (圖三、圖四)，因此之後的分析中皆以雛鳥孵出後第 7~9 天的體重排名作為該巢雛鳥之孵化順序排名 (僅有一巢是以第 10 天的體重排名來作為孵化順序排名)，由於不同巢的雛數不同，因此將孵化順序排名同樣經由公式 $\text{rank}' = (\text{rank} - 1) / (\text{brood size} - 1)$ 標準化 (Smith & Montgomerie 1991; Teather 1992)，標準化後的等級 (rank') 介於 0~1 之間。

名詞定義

總餵食趟數 (trips): 於每觀察時段 (3hr) 中, 親鳥的總餵食趟數。

總餵食量 (quantity): 於每觀察時段 (3hr) 中, 親鳥啣回巢之總食物量。

親鳥對整巢餵食頻率 (trips/hr): 平均每小時親鳥進巢餵食之頻率。

親鳥對整巢餵食量 (quantity/hr) 平均每小時親鳥啣回巢之食物量。

親鳥對每隻雛鳥餵食頻率 (trips/hr*brood size): 平均每小時親鳥對每隻雛鳥的餵食頻率, 為親鳥對整巢餵食頻率除以巢中雛數

親鳥對每隻雛鳥餵食量 (quantity/hr*brood size): 平均每小時親鳥對每隻雛鳥之餵食食物量, 為親鳥對整巢餵食量除以巢中雛數。

雄鳥佔餵食趟數之百分比 (% of male trips): 雄鳥的總餵食趟數佔兩性親鳥總餵食趟數之百分比。

雄鳥佔餵食量之百分比 (% of male quantity): 雄鳥啣回巢之總食物量佔兩性親鳥啣回巢之總食物量之比例。

雛鳥總獲食次數 (fed times): 於每觀察時段 (3hr) 中, 雛鳥個體被親鳥餵食之總次數。

雛鳥總獲食量 (fed quantity): 於每觀察時段 (3hr) 中, 雛鳥個體獲得的總食物量。

雛鳥乞食成功百分比 (fed times/ begging times): 當雛鳥張嘴乞食時, 被親鳥餵食之機率, 為雛鳥總獲食次數除以雛鳥張嘴乞食次數。

雛鳥乞食獲食量 (fed quantity/ begging times): 當雛鳥張嘴乞食時, 平均可獲得之食物量, 為雛鳥總獲食量除以雛鳥張嘴乞食次數。

每趟雛鳥獲食百分比 (fed times/ trips): 當親鳥進巢時, 平均雛鳥被親鳥餵食之機率, 為雛鳥總獲食次數除以親鳥總餵食趟數。

每趟雛鳥獲食量 (fed quantity/ trips): 當親鳥進巢時, 平均雛鳥獲得之食物量, 為雛鳥總獲食量除以親鳥總餵食趟數。

食物大小 (fed quantity/ fed times)：平均雛鳥獲得親鳥餵食之食物大小，為雛鳥總獲食量除以雛鳥總獲食次數。

雄鳥佔雛鳥獲食次數之百分比 (% of male fed times)：為雛鳥個體所獲得到的餵食次數中，雄鳥所佔百分比，為雄鳥對該雛鳥餵食次數除以雛鳥總獲食次數。

雄鳥佔雛鳥獲食量之百分比 (% of male fed quantity)：為雛鳥個體所獲得到的食物量中，雄鳥所佔百分比，為雄鳥對該雛鳥餵食食物量除以雛鳥總獲食量。

資料分析

於每一分析項目中，先考慮每一個自變數 (X) 和應變數 (Y) 單獨的關係，作單回歸 (simple regression)，之後再同時考慮多個自變數和應變數的關係，作複回歸 (multiple regression)，並考慮因子之間的交互作用 (interaction)，當其不顯著時，將交互作用去除後，再進行一次分析。在同一巢中的雛鳥彼此之間並非互不關連，因此將巢加入回歸模式 (regression model) 中，以解釋不同巢之間的變異；在不同天中，資料的測量為同一個體，屬於重複測試之實驗設計 (repeated measure experimental design)，所以將每一雛鳥或親鳥個體亦放入回歸模式中，”個體”設置於 (Nested) ”巢”的下面。由於巢和雛鳥 (或親鳥) 個體之因子並非研究所要去進行探討的項目，為隨機因子 (random effect)，於每巢之雛數與每天中可進行分析之巢數亦不相同，資料並不均勻 (unbalance data)，故以 REML

(Restricted Maximum Likelihood) 方法進行分析。得出之回歸模式後，再去檢測其殘差 (residual) 是否符合回歸的假設前提，若不符合則以 Box-Cox transformation 進行資料轉換，百分比的資料則先經 arcsin 轉換後才進行分析。內文之各項數值若為特別註明皆以平均值加減 1 個標準差 (mean \pm 1 SD) 表示。使用統計軟體 JMP 5.01 (SAS Institute Inc.) 進行運算分析。

在親鳥形值分析中，先檢測資料是否符合常態分佈，若符合常態分佈則使用 t-test 進行檢測，若不符合常態分佈，則使用 Mann-Whitney U test 檢測。

在檢測雛鳥性別和雛鳥體重間的關係時，只去分析同時有雄、雌性別雛鳥的巢，共 9 巢，其中包含 7 巢有進行錄影分析的巢和 2 巢有進行形值測量，但沒有分析錄影資料的巢（巢#56_(o)、91_(o)）。在檢測親緣關係和雛鳥體重間的關係時，則只去分析同時具有偶外交配子代和原生子代（within-pair offspring, WPO）且有形值測量資料的巢（共 4 巢）。因為研究中無法控制最早和最晚孵出雛鳥之性別和親緣關係，因此將雛鳥孵化順序放入回歸模式中控制住這個變因，再去看雛鳥性別或親緣關係對體重的影響程度。另外去檢測雛鳥性別（或親緣關係）和孵化順序間之關係，以雛鳥性別（或親緣關係）當作應變數，孵化順序作自變數，以邏輯回歸（logistic regression）進行分析。

在檢測育雛天數、孵化順序對雛鳥體重、雛鳥體重排名之影響的分析中，以得到較完整形值測量資料的 13 巢進行資料分析。其中包含有進行錄影的 11 巢和另外 2 巢有進行形值測量，但沒有分析錄影資料的巢（巢#56_(o)、91_(o)）。

在雛鳥乞食行為與親鳥餵食行為、親鳥餵食分配的資料分析，皆以有進行錄影觀察的 11 巢中，有秤重的天數來進行分析。在雛鳥乞食行為的分析中，以 4 個乞食行為指標（餵食前雛鳥和親鳥間距離、乞食高度、乞食順序、乞食百分比）當作應變數，考慮雛鳥體重排名、育雛天數、進巢之親鳥性別是否影響雛鳥乞食行為？由於每趟餵食之間會有所關連，故以每巢每天每隻雛鳥在該天觀察時段中乞食行為之平均值作為一個資料點進行資料分析，並以兩兩相關性檢測（pairwise correlation）去檢測四個雛鳥乞食行為指標間的相關性。

在親鳥餵食行為的分析上，以兩性親鳥每天總餵食趟數或總餵食量為一個資料點，親鳥性別、育雛天數、雛數作為自變數，去檢測不同性別的親鳥餵食頻率和餵食量是否有所不同？以及雄鳥佔餵食趟數（或餵食量）之百分比在育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例不同的巢中是否有所不同？其中，雛鳥性別比為巢中雄性雛數除以整巢雛數（% of male offspring = number of male offspring / brood size）；因為具有偶外交配子代的巢不多，為了計算上之方便，以原生子代相對於整巢雛數之比例來表示（% of WPO = number of WPO / brood size），當原生

子代比例為 1，即代表巢中無偶外交配子代。

在親鳥的位置分析上，計算兩性親鳥進巢後位置和餵食前位置之平均角度及 95 %信賴區間 (confidence interval, CI)，並以 Rayleigh test 分別去檢測每一巢雄鳥和雌鳥進巢後位置和餵食前位置是否為固定的位置抑或是逢機地分佈於巢杯邊緣，再使用 Watson-William test 比較每一巢中親鳥進巢前的位置和餵食前的位置是否相同？雄鳥和雌鳥是否使用相同或不同的餵食位置？並去檢視兩位置之夾角是否大於 60° ，以得知兩位置間是否有足夠之差異可讓雛鳥進行巢中位置之選擇。

在親鳥餵食分配上，以每巢每天每隻雛鳥在該天觀察時段中的總獲食次數(或總獲食量)作為一個資料點，並將雄鳥和雌鳥分開分析，以雛鳥乞食行為指標、體重排名、育雛天數作為自變數，檢測在不同性別的親鳥進巢時，雛鳥的乞食行為是否會影響到親鳥的餵食與否？不同體重排名之雛鳥獲食次數(或獲食量)是否相同？平均每次獲得之食物大小是否相同？當應變數只考慮有張嘴乞食之雛鳥其獲食百分比(或獲食量)時，雛鳥乞食行為指標只去考慮餵食前雛鳥和親鳥間距離、乞食高度和乞食順序；當應變數是去考慮親鳥每趟進巢時，平均每隻雛鳥獲食百分比(或獲食量)時，因為雛鳥的乞食百分比會影響到獲食次數(或獲食量)的多寡，故將乞食百分比也加入回歸模式中。最後再將雛鳥獲得兩性親鳥之總獲食次數(或總獲食量)合計，去檢測不同體重之雛鳥在獲得餵食的總量上是否有所差異。

在雄鳥佔雛鳥獲食百分比之分析中，以雄鳥佔雛鳥獲食次數(或獲食量)之百分比作為應變數，以育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例及雄鳥佔餵食趟數(或餵食量)之百分比作為自變數，檢視不同體重排名的雛鳥獲得的餵食中，雄鳥所佔百分比是否有所不同？以及在育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例以及雄鳥佔餵食趟數(或餵食量)之百分比不同的巢中，雄鳥佔不同體重排名雛鳥之獲食次數(或獲食量)之百分比是否有程度上的差異？