

扎龙自然保护区丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 巢的内分布型及巢域

邹红菲*, 吴庆明

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要:为了探讨丹顶鹤繁殖种群的空间分布, 2002~2006 年的 4~5 月份, 在黑龙江扎龙国家级自然保护区, 采用定点观察法、无样地取样法、GPS 定位等研究方法和分布距离指数、最近邻体法等衡量指标对丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 巢的内分布型及巢域进行了研究。结果表明: (1) 扎龙保护区丹顶鹤巢的内分布型, $I_{2002} = 2.140 > 2$, $I_{2003} = 2.048 > 2$, $I_{2004} = 2.093 > 2$, $I_{2006} = 3.263 > 2$, 均为聚集分布; (2) 在假设扎龙保护区丹顶鹤巢域面积等于领域面积、巢域形状为圆形且所有个体面积大小相等的前提下, 丹顶鹤的巢域为 $(0.510 \pm 0.019) \text{ km}^2$, 年度间有所差异, 分别为 2002 年 $(0.542 \pm 0.257) \text{ km}^2$ 、2003 年 $(0.569 \pm 0.067) \text{ km}^2$ 、2004 年 $(0.557 \pm 0.054) \text{ km}^2$ 、2006 年 $(0.344 \pm 0.119) \text{ km}^2$ 。分析表明, 丹顶鹤对于栖息生境的整体分布和繁殖微生境质量的变化具有一定适应和应答的能力。为了更有效地验证本文的研究结果并对丹顶鹤进行保护, 还有待于长期监测并进一步研究。

关键词: 丹顶鹤; 内分布型; 巢域; 分布距离指数; 最近邻体法; 扎龙保护区

文章编号: 1000-0933(2009)04-1710-09 中图分类号: Q958.1 文献标识码: A

Internal distribution pattern of the nests and home ranges of Red-crowned Cranes in Zhalong Nature Reserve

ZOU Hong-Fei*, WU Qing-Ming

College of Wildlife, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1710~1718.

Abstract: In order to explore the spatial distribution pattern of breeding Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*), the distribution pattern of their nests and home ranges were studied in Zhalong Nature Reserve from April to May for four years 2002-04 and 2006. We used fixed-spot observation, no-sample method, GPS locating, the distribution distance index and nearest neighbor analysis. The results indicate that the internal distribution pattern of nests of Red-crowned Cranes shows a clumped distribution: $I_{2002} = 2.140 > 2$, in 2002; $I_{2003} = 2.048 > 2$, in 2003; $I_{2004} = 2.093 > 2$, in 2004; and $I_{2006} = 3.263 > 2$, in 2006. Under the assumptions that the sizes are equal between home ranges and territories of the cranes, the shape of the home ranges is circular, and the area needed for nesting is the same for all breeding pairs, then the home range area for Red-crowned Cranes in Zhalong Nature Reserve is $(0.510 \pm 0.019) \text{ km}^2$. There are differences among years, respectively $(0.542 \pm 0.257) \text{ km}^2$ in 2002, $(0.569 \pm 0.067) \text{ km}^2$ in 2003, $(0.557 \pm 0.054) \text{ km}^2$ in 2004, and $(0.344 \pm 0.119) \text{ km}^2$ in 2006. The analyses indicate that the breeding cranes in Zhalong Nature Reserve are able to respond and adapt to changes in quality of the spatial pattern of landscape and microhabitat. Long term monitoring and related research are needed in the future for the sake of Red-crowned Crane conservation.

Key Words: Red-crowned Crane; internal distribution pattern; home range; distribution distance index; nearest neighbor

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BADB0B01); 国家教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目; 国家自然科学基金资助项目(30670350)

收稿日期: 2007-12-22; **修订日期:** 2008-09-16

致谢: 本研究外业工作得到扎龙保护区的鼎力相助, 特此致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hongfeizou@163.com

analysis; Zhalong Nature Reserve

内分布型是目前动物生态学和保护生物研究的难点和热点^[1],能体现种群个体在空间水平上的分布情况和对资源的利用方式,更能反映其栖息生境质量的动态变化^[2],对于濒危动物的就地保护具有重要的指导意义。丹顶鹤(*Grus japonensis*)是世界珍稀濒危鸟类,主要繁殖于国际重要湿地扎龙保护区^[3,4]。自 1997 年以来,扎龙湿地的生态环境经历了一系列的剧烈变化,这使得丹顶鹤所赖以繁殖的生境质量与以前相比有了很大的不同^[5-9]。在这种特殊环境条件下,探讨丹顶鹤巢的内分布型及巢域具有深远的生态意义。近年来,关于动物种群空间分布格局和巢域方面的研究,对哺乳动物关注较多^[10-15],尤其是鼠类^[16-21],鸟类方面的研究报道相对较少^[22-27]。

1 研究地概况

扎龙保护区总面积 2100km²,地理坐标为:46°52′~47°32′N,123°47′~124°37′E,属于大陆性半干旱季风气候区。全区平均海拔 144.0m。植被类型以芦苇沼泽面积最大,总盖度 80%~90%,形成芦苇单优势植物群落,还有少量的苔草沼泽、漂筏苔草沼泽、香蒲沼泽及草甸草原等。区内有鸟类 16 目 48 科 265 种^[28],以大型涉禽和游禽如丹顶鹤、白枕鹤(*Grus leucogeranus*)、草鹭(*Ardea purpurea*)、雁鸭类等为特色。

2 研究方法

2.1 外业调查

2002~2006 年的 4~5 月份,在扎龙保护区内的 3 个固定地点(A 点 N124°14′5.2″E47°11′42.1″,B 点 N124°13′44.6″E47°9′46.1″,C 点 N124°13′17.4″E47°13′19.6″,其中 AB 之间 3.61km,BC 之间 6.56km,AC 之间 3.05km)每天分别用 12 倍变焦双筒、40 倍变焦双筒和 60 倍变焦单筒望远镜进行观察,搜寻丹顶鹤的繁殖对,通过环境中的自然参照物(如大环境中的树、村屯、窝棚等,小环境中的剩余苇丛、小水面等)初步确定丹顶鹤的巢址区域,再辅以激光测距仪和 20 倍、60 倍望远镜实地寻找丹顶鹤的巢址,确认后,用英文字母 CN(C 示 crane 的首字母,N 示 nest 的首字母)和阿拉伯数字(四位数字,前两位示年份,后两位示序号)标记,用 GPS 定位。

2.2 内业数据

通过 Arcview3.1 对不同年度内的 GPS 定位点间距离进行相应地处理。

采用 Johnson 提出的分布距离指数^[29-31]分析丹顶鹤巢的内分布型。分布距离指数以点到个体的距离为基础,对于给定的 N 个点的样本,以与点 i 最近的个体间距离 X_i 为基准,其指数模型为: $I = (N + 1) \sum_{i=1}^N (X_i^2)^2 / \left[\sum_{i=1}^N (X_i^2)^2 \right]$ 。 $I=2$,为随机分布(random distribution); $I<2$,为均匀分布(uniform distribution); $I>2$,为集聚分布(clumped distribution)。

关于巢域,参照 Lark 提出的最近邻体法^[32],自拟方法对丹顶鹤的巢域进行分析。

众所周知,巢域(home range)不同于领域,领域具有保卫性,巢域没有;从地域和面积的角度考虑,巢域与领域是包含与被包含的关系。也就是说繁殖期种内两个家族的巢域可以重叠,领域不会重叠。但不排除在某种特殊的情况下,某个繁殖对或家族巢域与领域地段完全重合且面积完全等的现象出现,即当动物繁殖栖息的生境质量处于一定状态,巢域面积会缩小且等于领域面积,这种情况下,巢域也就具有了保卫性。如果按照这种说法,并同时假设所有丹顶鹤繁殖对的巢域是圆形且面积均相等,那么扎龙保护区丹顶鹤的巢域就应该是巢址为圆心,以最近巢间距均值的一半为半径的圆所构成的面积。基于此,可以建构扎龙保护区丹顶鹤孵化期巢域面积计算公式: $HRA = \pi \left(\frac{\overline{D_N}}{2} \right)^2$, $\overline{D_N} = \sum_{i=1}^n D_{Ni} / n$, 其中 HR 是 home range 的首字母,表示巢域; A 是 area 的首字母,代表面积; D 是 distance 的首字母,代表巢间距; N 是 nearest 的首字母,与 D 结合为 D_N 代表最近巢间距; D_{Ni} 代表第 i 个巢的最近巢间距; n 代表样本数; $\overline{D_N}$ 代表最近巢间距的平均值。为了能够真实表达

变量的变异程度,引入标准差公式: $S_{D_N} = \sqrt{\sum (D_{N_i} - \overline{D_N})^2 / n}$ 。本文所选取的样本数均小于 50,属于小样本事件(一般 ≤ 50),由样本计算所得的标准误(S_{D_N}),受到了取样变动的影响,同一总体中各个样本的标准误(S_{D_N})有变异, $(\overline{D_{N_i}} - \overline{D_N}) / S_{D_{N_i}}$ 出现了不服从正态分布而服从 t 分布的现象,故分母 n 用 $n - 1$ 代替。为了反映从总体中抽取多个样本的平均数变异情况,又引入标准误公式: $S_{D_N} = S_{D_N} / \sqrt{n}$ 。同时,为了使结果体现更多的变量,在用样本平均数和标准误来估计总体均值 $\overline{D_N}$ 时,选用 99% 的置信区间。故丹顶鹤巢域面积公式为:

$$HRA = \pi \left(\frac{\overline{D_N} \pm t_{0.01}(df) \times S_{D_N}}{2} \right)^2。$$

3 结果

3.1 丹顶鹤的巢址定位

调查区域内,丹顶鹤繁殖对的数量分别为:2002 年定位 10 巢,2003 年定位 18 巢,2004 年定位 22 巢,2006 年定位 13 巢,合计 63 巢。详细的经纬度见表 1。

表 1 2002 ~ 2006 年丹顶鹤的巢址定位

Table 1 Nest-site positioning of Red-Crowned Cranes in 2002, 2003, 2004 and 2006

序号 Number	经度 Longitude	纬度 Latitude	序号 Number	经度 Longitude	纬度 Latitude
CN0201	124°13'36.2"	47°12'50.6"	CN0405	124°15'01.6"	47°12'54.2"
CN0202	124°14'56.5"	47°11'56.5"	CN0406	124°13'29.6"	47°12'53.6"
CN0203	124°13'34.9"	47°12'57.7"	CN0407	124°13'45.5"	47°13'00.3"
CN0204	124°13'20.4"	47°10'50.4"	CN0408	124°16'03.9"	47°12'16.2"
CN0205	124°15'03.8"	47°12'12.3"	CN0409	124°16'53.5"	47°14'35.1"
CN0206	124°13'10.7"	47°11'45.1"	CN0410	124°15'47.2"	47°11'21.2"
CN0207	124°15'23.1"	47°11'16.1"	CN0411	124°18'19.6"	47°11'21.4"
CN0208	124°15'28.9"	47°10'28.2"	CN0412	124°17'58.9"	47°11'34.0"
CN0209	124°14'06.1"	47°11'07.2"	CN0413	124°12'28.0"	47°09'41.4"
CN0210	124°13'27.9"	47°13'01.5"	CN0414	124°11'41.6"	47°09'43.1"
CN0301	124°09'54.9"	47°07'40.4"	CN0415	124°11'41.0"	47°10'47.9"
CN0302	124°10'08.1"	47°08'43.2"	CN0416	124°10'39.6"	47°11'08.6"
CN0303	124°13'10.8"	47°09'22.0"	CN0417	124°16'57.8"	47°13'37.5"
CN0304	124°10'20.0"	47°11'17.3"	CN0418	124°17'29.5"	47°13'59.2"
CN0305	124°10'33.9"	47°11'18.9"	CN0419	124°16'56.4"	47°13'25.0"
CN0306	124°13'45.0"	47°13'01.0"	CN0420	124°10'02.4"	47°11'18.3"
CN0307	124°13'27.0"	47°12'57.0"	CN0421	124°09'58.9"	47°11'06.9"
CN0308	124°12'04.0"	47°09'35.1"	CN0422	124°10'01.4"	47°10'52.6"
CN0309	124°10'13.7"	47°11'08.4"	CN0601	124°14'32.7"	47°11'59.4"
CN0310	124°09'58.0"	47°09'58.1"	CN0602	124°14'19.0"	47°11'05.6"
CN0311	124°10'19.7"	47°09'20.7"	CN0603	124°14'48.2"	47°11'30.9"
CN0312	124°10'53.4"	47°09'52.7"	CN0604	124°13'46.1"	47°13'00.3"
CN0313	124°12'15.2"	47°09'09.8"	CN0605	124°19'58.2"	47°10'04.1"
CN0314	124°14'56.6"	47°08'45.5"	CN0606	124°20'10.4"	47°10'25.6"
CN0315	124°14'28.7"	47°08'32.0"	CN0607	124°18'11.9"	47°11'45.6"
CN0316	124°16'05.4"	47°11'22.6"	CN0608	124°18'05.0"	47°11'36.4"
CN0317	124°13'46.4"	47°13'15.0"	CN0609	124°11'35.8"	47°10'54.3"
CN0318	124°16'20.5"	47°11'52.4"	CN0610	124°11'15.2"	47°10'37.3"
CN0401	124°14'04.7"	47°11'02.8"	CN0611	124°11'06.7"	47°10'44.7"
CN0402	124°16'03.1"	47°11'46.0"	CN0612	124°10'11.2"	47°09'54.3"
CN0403	124°15'17.8"	47°11'43.2"	CN0613	124°13'33.9"	47°12'59.5"
CN0404	124°16'07.0"	47°13'07.4"			

3.2 丹顶鹤巢间距离矩阵

通过 GPS 和 Arcview3.1 对不同年度内不同丹顶鹤巢的巢间距进行了测算(表 2~表 5),据此找出每一年度每一个丹顶鹤巢的最近巢间距数值,以计算每一年度的分布距离指数。

表 2 2002 年丹顶鹤巢间距离矩阵(km)

Table 2 Distance matrix between different nests on Red-Crowned Cranes in 2002 (km)

	1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 ^b	0.00 ^c									
2	2.38	0.00								
3	0.22	2.55	0.00							
4	3.73	2.87	3.95	0.00						
5	2.19	0.51	2.34	3.34	0.00					
6	2.10	2.25	2.30	1.70	2.52	0.00				
7	3.69	1.37	3.88	2.70	1.78	2.92	0.00			
8	5.00	2.81	5.21	2.79	3.26	3.75	1.49	0.00		
9	3.26	1.86	3.48	1.09	2.35	1.65	1.64	2.12	0.00	
10	0.38	2.74	0.19	4.06	2.52	2.39	4.06	5.38	3.63	0.00

a、b 示丹顶鹤巢序号, c 示巢间距离 a and b is the serial number of nest on Red-crowned Crane, c is the distance between different nests; 下同 the same below

表 3 2003 年丹顶鹤巢间距离矩阵(km)

Table 3 Distance matrix between different nests on Red-Crowned Cranes in 2003 (km)

	1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 ^b	0.00 ^c																	
2	1.96	0.00																
3	5.18	4.02	0.00															
4	6.73	4.77	5.06	0.00														
5	6.81	4.84	4.89	2.97	0.00													
6	11.00	9.18	6.81	5.37	5.11	0.00												
7	10.80	8.89	6.66	4.99	4.74	0.40	0.00											
8	4.47	2.92	1.46	3.84	3.73	6.71	6.48	0.00										
9	6.44	4.49	4.97	0.31	0.53	5.64	5.27	3.70	0.00									
10	4.26	2.33	4.20	2.49	2.61	7.40	7.06	2.74	2.20	0.00								
11	3.15	1.19	3.60	3.61	3.67	8.06	7.76	2.24	3.33	1.24	0.00							
12	4.27	2.35	3.04	2.71	2.70	6.85	6.55	1.58	2.48	1.18	1.22	0.00						
13	4.04	2.80	1.23	4.63	4.52	7.39	7.19	0.82	4.47	3.25	2.45	2.17	0.00					
14	6.66	6.07	2.50	7.47	7.28	8.04	8.00	3.94	7.41	6.67	5.92	5.52	3.48	0.00				
15	5.98	5.49	2.25	7.31	7.14	8.37	8.30	3.62	7.22	6.28	5.45	5.17	3.04	0.72	0.00			
16	10.40	8.98	5.23	7.26	6.97	4.24	4.43	6.07	7.40	8.15	8.19	7.12	6.35	5.07	5.65	0.00		
17	11.40	9.58	7.24	5.66	5.41	0.43	0.69	7.13	5.94	7.75	8.45	7.24	7.82	8.46	8.80	4.54	0.00	
18	11.20	9.77	6.13	7.65	7.36	3.90	4.16	6.86	7.83	8.78	8.92	7.81	7.20	6.04	6.63	0.97	4.12	0.00

3.3 丹顶鹤巢的内分布型

根据 Johnson 和 Zimmer 提出的分布距离指数,得出扎龙保护区不同年度内丹顶鹤巢的内分布型: $I_{2002} = 2.140 > 2$, $I_{2003} = 2.048 > 2$, $I_{2004} = 2.093 > 2$, $I_{2006} = 3.263 > 2$,均为集聚分布(clumped distribution)。

3.4 丹顶鹤的巢域

经计算可得出,扎龙保护区丹顶鹤的巢域为 $HRA = (0.510 \pm 0.019) \text{ km}^2$,不同年度分别为 2002 年 $(0.542 \pm 0.257) \text{ km}^2$, 2003 年 $(0.569 \pm 0.067) \text{ km}^2$, 2004 年 $(0.557 \pm 0.054) \text{ km}^2$, 2006 年 $(0.344 \pm 0.119) \text{ km}^2$ 。

4 讨论

4.1 研究方法

针对内分布型方面的研究,研究对象不同时,所用的调查方法也不同^[33]。对于一个物种而言,若研究空

间范围有限,采用样方法,进行单位样方内个体数或个体间距离调查^[20,32,34,35]这类方法最为常见^[33]。扎龙保护区面积为2100km²,范围较大,且丹顶鹤是濒危的大型湿地水禽,孵化期巢域相对较大,布设样方研究丹顶鹤巢的内分布型有一定的难度且误差较大。基于此,本文在调查过程中采用了无样地取样技术^[29]。此外,本文探讨的只是丹顶鹤繁殖期的分布型及判定方法,有关分布型的形成机理还有待于进一步关注^[36]。

表4 2004年丹顶鹤巢间距离矩阵(km)

Table 4 Distance matrix between different nests on Red-Crowned Cranes in 2004 (km)

	1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 ^b	0.00 ^c																					
2	2.82	0.00																				
3	1.98	0.96	0.00																			
4	4.63	2.52	2.80	0.00																		
5	3.65	2.47	2.22	1.43	0.00																	
6	3.50	3.84	3.15	3.33	1.93	0.00																
7	3.66	3.69	3.07	2.98	1.61	0.40	0.00															
8	3.38	0.93	1.41	1.58	1.76	3.44	3.21	0.00														
9	7.46	5.33	5.68	2.88	3.91	5.31	4.92	4.42	0.00													
10	2.23	0.84	0.92	3.31	3.03	4.06	3.99	1.74	6.16	0.00												
11	5.39	2.97	3.88	4.30	5.05	6.73	6.52	3.32	6.26	3.20	0.00											
12	5.01	2.46	3.40	3.72	4.47	6.17	5.95	2.75	5.77	2.79	0.58	0.00										
13	3.24	5.94	5.19	7.86	6.78	6.08	6.36	6.60	10.70	5.20	8.01	7.78	0.00									
14	3.89	6.68	5.87	8.43	7.25	6.31	6.63	7.27	11.20	5.99	8.90	8.64	0.98	0.00								
15	3.05	5.79	4.87	7.06	5.75	4.51	4.86	6.16	9.61	5.28	8.44	8.07	2.28	2.00	0.00							
16	4.31	6.90	5.94	7.80	6.40	4.83	5.21	7.13	10.10	6.48	9.67	9.26	3.53	2.95	1.44	0.00						
17	6.01	3.63	4.11	1.42	2.78	4.58	4.20	2.76	1.78	4.47	4.55	4.03	9.24	9.83	8.47	9.18	0.00					
18	6.95	4.50	5.03	2.36	3.70	5.43	5.05	3.66	1.34	5.34	4.99	4.53	10.20	10.80	9.41	10.10	0.94	0.00				
19	5.69	3.26	3.77	1.17	2.59	4.45	4.08	2.40	2.17	4.09	4.20	3.67	8.92	9.53	8.22	8.97	0.39	1.27	0.00			
20	5.11	7.63	6.67	8.37	6.95	5.26	5.65	7.80	10.60	7.25	10.40	10.00	4.28	3.61	2.27	0.84	9.73	10.60	9.54	0.00		
21	5.17	7.75	6.79	8.58	7.17	5.52	5.91	7.96	10.80	7.33	10.50	10.10	4.10	3.37	2.22	0.86	9.96	10.90	9.76	0.36	0.00	
22	5.12	7.78	6.83	8.74	7.34	5.76	6.14	8.04	11.10	7.32	10.50	10.10	3.79	3.01	2.10	0.94	10.10	11.00	9.91	0.80	0.45	0.00

表5 2006年丹顶鹤巢间距离矩阵(km)

Table 5 Distance matrix between different nests on Red-Crowned Cranes in 2006 (km)

	1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 ^b	0.00 ^c												
2	1.69	0.00											
3	0.94	0.99	0.00										
4	2.12	3.61	3.06	0.00									
5	7.72	7.38	7.05	9.53	0.00								
6	7.67	7.49	7.07	9.39	0.71	0.00							
7	4.63	5.05	4.30	6.04	3.85	3.51	0.00						
8	4.52	4.84	4.14	6.03	3.72	3.43	0.32	0.00					
9	4.23	3.45	4.20	4.76	10.70	10.90	8.47	8.28	0.00				
10	4.86	3.96	4.77	5.44	11.00	11.30	9.01	8.80	0.68	0.00			
11	4.91	4.09	4.87	5.37	11.20	11.40	9.13	8.93	0.68	0.29	0.00		
12	6.72	5.66	6.54	7.31	12.30	12.60	10.70	10.40	2.57	1.89	1.95	0.00	
13	2.23	3.65	3.15	0.26	9.73	9.59	6.27	6.25	4.60	5.27	5.19	7.14	0.00

关于丹顶鹤孵化期巢域的计算方法,由 Lark^[32]提出的最近邻体法演变而来。所得研究结果只能从另一角度对丹顶鹤的巢域进行探讨,与丹顶鹤实际巢域之间的差距有多大,本文无法体现,只能在运用公式的过程中尽量减少人为误差,这方面的研究还有待于长期监测并进一步验证。

4.2 丹顶鹤巢的内分布型

20 世纪 80 年代后期特别是进入 90 年代以来,扎龙湿地内陆续修建了公路、水库、引水渠干、围湖工程、旅游及农业开发等大型工程,这在某种程度上破坏了湿地生态系统的整体性,且已有研究表明:扎龙湿地呈现斑块状分布状态^[37]。尤其是 1997 年以来,扎龙保护区连年干旱(1998 年洪涝除外),湿地缺水现象更为明显;经多方呼吁,2002 年 4 月建立了长效补水机制,每年均注入一定量的水。本以为,注水能缓解扎龙湿地的整体缺水状态,但由于地势的天然特点和地理位置与上游水库距离远近的特殊性,每年的注水均先到达本研究区域。这就出现:注水使得扎龙湿地部分区域水量饱和,部分区域仍然缺水,且这种区域之间环境质量的差异程度加大。从注水量上看,连续 5a,保护区共注水 11.5 亿 m^3 ,平均每年注水 2.3 亿 m^3 ,注水量较少,并不能解决区内整体的缺水现象^[38,39],只能局部性解决干旱缺水的问题,其它区域只能靠自然降水得到缓解。可见,种种原因,加剧了保护区内芦苇沼泽的斑块状分布,而对以芦苇沼泽为繁殖栖息地的丹顶鹤来说,出现聚集分布是必然。相关方面的研究已有报道:栖息生境的斑块状分布会导致动物的聚集分布^[2]。

动物的内分布型有 3 种分布类型:随机分布,即当种群个体占据空间任一点的能力相等且一个个体的出现不会影响另一个个体的出现时,种群表现为随机分布;均匀分布,即当种群个体具有躲避所有其它个体的趋势或者种群个体相距太近以致于其他个体死亡或离开种群时,都会产生均匀分布;聚集分布,即种群个体都趋于集中到生境的特殊位置或一个个体占据空间一个位置后会吸引种群中其它个体占据同样的位置,就会出现聚集分布^[33]。

针对大型动物而言,繁殖期的领域性能保障能量的供给,这利于繁殖个体的有效繁育,丹顶鹤也不例外。外业观察发现:相邻分布的繁殖丹顶鹤,对领域具有绝对的保护性;一旦种内其它繁殖或非繁殖个体进入领域,领域内的丹顶鹤个体会竭力驱赶,并总能驱赶成功,尤其是繁殖个体之间的驱赶行为表现得更为明显,相互之间具有强烈的排斥行为。从这一角度考虑,虽然由于栖息生境整体的斑块状分布使得丹顶鹤繁殖对呈现聚集分布,种内竞争这种密度制约性因素对丹顶鹤繁殖对的分布也起着重要的作用,使得丹顶鹤的繁殖分布呈现出二次内分布型现象,表现为均匀聚集型分布。

2002 年的分析结果 $I_{2002} = 2.1401 > 2$,为聚集分布(clumped dispersion)。上述可知:2001 年秋季和 2002 年春季,扎龙保护区发生大面积过火,适合丹顶鹤营巢的生境面积变小,微生境质量急剧下降^[5],仅发现 10 对丹顶鹤繁殖,均分布于未过火区域,聚集分布现象明显。

2003 年和 2004 年的分析结果 $I_{2003} = 2.0478 > 2$ 和 $I_{2004} = 2.093 > 2$,为聚集分布(clumped dispersion),均小于 2002,近似等于 2,这说明 2003 年和 2004 年扎龙保护区孵化期丹顶鹤巢的分布格局虽为聚集分布,但实际上已呈现出随机分布或均匀分布的趋势,繁殖丹顶鹤数量分别为 18 对和 22 对,明显高于 2002 年。是什么原因使得繁殖期丹顶鹤出现这样的分布格局呢?是丹顶鹤的繁殖对占据空间任一点的能力相等?这一点原因很显然解释不通。近 5a 的观察发现,扎龙保护区不迁徙的繁殖丹顶鹤占区要早于春季迁来的丹顶鹤繁殖对,且一般选择在距离局址较近的区域(局址处设有散养丹顶鹤投食点,用来补充丹顶鹤野外食物的不足,再加上对人的敏感度减弱等种种原因,不迁徙繁殖丹顶鹤选择局址较近处占区)。这样,从距局址距离的角度考虑,春季迁来的繁殖丹顶鹤只能选择距局址较远的区域占区;同时也发现,由于春季迁徙丹顶鹤繁殖对觅食的缘故,经常会误闯入不迁徙丹顶鹤繁殖对的区域,即使数量比例是 2:1,前者也一定会被驱赶走。种种现象表明,2003 年和 2004 年扎龙保护区丹顶鹤繁殖对占据空间任一区域的能力不可能相等,并且一个个体的出现影响着另一个个体的存在。丹顶鹤繁殖对不可能随机分布,而只能是一种分布趋势即均匀分布的外在体现,间接地表明 2002 年以来的连年注水使得研究区域内的湿地微生境质量有变好^[6]的趋势,丹顶鹤呈现出均匀分布的趋势,繁殖对数量也明显增加,明显高于 2002 年。

2006 年的分析结果 $I_{2002} = 3.263 > 2$, 均明显大于 2002 ~ 2004 年的结果, 为聚集分布 (clumped dispersion), 繁殖丹顶鹤数量为 13 对, 明显低于 2003 年和 2004 年, 与 2002 年接近。实际情况也表明: 2005 年扎龙保护区再次发生大面积火烧, 丹顶鹤的营巢微生境质量再次下降, 面积再次变小, 以致于一些丹顶鹤繁殖对无法占区繁殖, 再一次地呈现出聚集分布的现象, 繁殖对数量也明显减少。

可以看出, 对于在扎龙保护区繁殖的丹顶鹤繁殖对数量来说, 连续注水后的 2003 年和 2004 年丹顶鹤繁殖对的数量明显高于火烧后的 2002 年和 2006 年, 对繁殖生境的利用方式也明显不同于 2002 年和 2006 年, 呈现出均匀分布的趋势; 这不能说与营巢生境质量脱离关系, 营巢生境质量是丹顶鹤繁殖对数量变化和繁殖分布格局的主要影响因素。大面积火烧影响着翌年丹顶鹤的繁殖生境, 更影响着丹顶鹤的繁殖数量和繁殖分布格局, 注水是恢复湿地生境质量的有效方式, 能减弱火烧对丹顶鹤繁殖的影响。但, 选择何种方式注水、该注入多少水才能缓解丹顶鹤这种均匀聚集型分布的现象即丹顶鹤繁殖期分布型的形成机理^[36] 又是一个值得探讨的问题。

综上所述, (1) 对于栖息生境整体的斑块状分布情况, 丹顶鹤采取聚集分布的方式栖息繁殖; 为了能够保障繁殖所需要的能量, 丹顶鹤采取二次内分布型即均匀聚集分布的方式进行繁殖分布。(2) 对于栖息微生境质量的剧烈变化如火烧和注水, 当微生境质量下降 (火烧后的翌年) 时, 繁殖丹顶鹤采取聚集分布的方式繁殖且繁殖对数量变少; 当微生境质量上升时, 丹顶鹤有向均匀分布转变的趋势且繁殖对数量增加。可见, 扎龙保护区丹顶鹤对于栖息生境的整体分布和繁殖微生境质量的剧烈变化具有一定程度的适应和应答的能力。

4.3 丹顶鹤的巢域

众所周知, 现实中任何一个动物的巢域都不可能是圆形的, 任何种内两个动物个体的巢域都不可能完全相等。在种种假设的条件下, 研究丹顶鹤的巢域虽不能精确地反映其对繁殖生境的实际利用情况, 却能间接地对繁殖丹顶鹤的生境利用进行一定程度的侧面探讨。

关于丹顶鹤巢域方面, 李方满^[40]进行了研究报道, 认为“丹顶鹤孵卵期领域面积为 1km^2 左右”, 这个结果约为本文研究结果的 2 倍。该篇论文的数据来源于 1986 ~ 1988 年, 当时扎龙保护区的工程建设较少, 区内的生态环境质量较好; 本文的数据来源于 2002 ~ 2006 年, 时间相差长达 20a, 自 1997 年以来, 扎龙保护区经历了各种剧烈的环境变化, 使得目前的生境质量与以前相比有了一定程度的不同, 致使研究结果有所差异是理所当然的。对于动物而言, 尤其是繁殖期的动物, 领域是提供其繁殖所需要能量保障的且对种内个体具有排斥行为的区域, 其面积一定不会大于巢域面积。从这一角度考虑, 李方满所得的研究结果应该是巢域面积, 而非领域面积; 因为当时环境质量要好于现在, 单位面积内所能提供的能量也应大于现在。这样看来, 目前, 扎龙保护区的生境质量仍能满足丹顶鹤的繁殖需求; 也暗示着丹顶鹤的巢域面积具有随环境质量的变化而发生微调的能力。

丹顶鹤年度间的巢域测量结果表明: 2002 年和 2006 年的巢域面积小于 2003 年和 2004 年的面积。外业调查发现, 扎龙保护区 2001 年 8 月至 10 月和 2002 年 3 月发生大火, 核心区 80% 的面积过火; 2002 年开始注水, 2003 年和 2004 年连续注水, 2005 年 4 月保护区再次发生大面积火烧。可以看出, 巢域面积较小的年份均为过火后的第 1 年。不难想象: 大面积过火影响着翌年丹顶鹤的繁殖生境面积和质量, 在能够保证丹顶鹤有效繁育的基础上, 丹顶鹤的巢域面积会变小。再次地体现出, 丹顶鹤的巢域面积具有随环境质量变化发生微调的能力。

References:

- [1] Zheng X, Bao Y X, Ge B M. GIS application in spatial distribution patterns in wild animal. *Sichuan Journal of Zoology*, 2003, 22 (4): 277 — 280.
- [2] Feng J, Gao W, Sheng L X. *Animal ecology*. Beijing: Science Press, 2005. 65 — 67.
- [3] Zou H F, Wu Q M, Bu L H. Time budget of red-crowned crane during incubating season in Zhalong Nature Reserve after burning and irrigating. *Journal of Northeast Forestry University*, 2003, 31(6): 41 — 42.
- [4] Zou H F, Wu Q M. Feeding habitat of red-crowned crane and white-naped crane during their courtship period in Zhalong wetland. *Chinese Journal*

- of Applied Ecology, 2006, 17(3): 444—449.
- [5] Zou H F, Wu Q M, Ma J Z. The nest-site selection of red-crowned crane (*Grus japonensis*) in Zhalong Nature Reserve after burning and irrigating. Journal of Northeast Normal University, 2003, 35(1): 54—59.
- [6] Zou H F, Wu Q M, Niu M G. Comparison of feeding habitat selection between the wild and semi-domestic White-naped Crane during the pre-breeding period in Zhalong wetland. Chinese Journal of Zoology, 2005, 40(4): 45—50.
- [7] Zou H F, Wu Q M, Shi R H. Feeding habitat selection of breeding red-crowned crane during initial recovery stage of Zhalong wetland. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(7): 55—57.
- [8] Zou H F, Wu Q M, Jiao W Y. Comparison of feeding habitat selection between the semi-domestic and wild red-crowned crane during the breeding period in Zhalong Nature Reserve. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(11): 56—59.
- [9] Wu Q M, Zhang X G, Yu Y F. Habitat selection of red-crowned crane in rearing chicks in Zhalong Nature Reserve. Chinese Journal of Wildlife, 2007, 28(1): 36—38.
- [10] Gwenzi D, Katsvanga C A T, Ngorima G T, *et al.* Baboon *Papio ursinus* ranging patterns and troop size relative to bark stripping in the Chimanimani pine plantations of Zimbabwe. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(5): 777—782.
- [11] Wang W, Zhang J, Ma J Z, *et al.* Analysis on wild boar home ranges in south Lesser Khingan Mountain. Acta Theriologica Sinica, 2007, 27(3): 257—262.
- [12] Yang J D, Zhang Z J, Li M, *et al.* Home range of red pandas (*Ailurus fulgens*) in Fengtongzhai Nature Reserve, Sichuan, China. Acta Theriologica Sinica, 2006, 26(1): 13—17.
- [13] LI Y C, Kazuhiro Homma, Kousaku Ohanaka, *et al.* Summer home range size and inner utilization of forest sika deer *Cervus nippon* in Nikko, Japan. Acta Zoologica Sinica, 2006, 52(2): 235—24.
- [14] Guo J, Hu J C. The study of the distribution pattern of giant panda's feces and its application. Acta Theriologica Sinica, 2001, 21(3): 180—186.
- [15] Song Y L, Zeng Z G, Zhang J, *et al.* Home range of golden takin (*Budorcas taxicolor bedfordi*) in Foping Nature Reserve, Shaanxi, China. Acta Theriologica Sinica, 2000, 22(4): 41—49.
- [16] Yang Y W, Liu J K, Liu Z. Effects of external and intrinsic factors on home range size in reed vole populations. Acta Zoologica Sinica, 2005, 51(2): 205—214.
- [17] Zhou L Z, Ma Y, Li D Q. Spatial distribution patterns of Chinese gerbils in relation to environmental factors. Acta Zoologica Sinica, 2001, 47(6): 616—62.
- [18] Wang M J, Zhong W Q, Wan X R. A study of home range of daurian pika (*Ochotona daurica*) through telemetry. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(2): 116—122.
- [19] Mi J C, Xia L X, Wang L F, *et al.* The spatial patterns of rodents in the north desert-steppe of Inner Mongolia. Acta Theriologica Sinica, 1998, 18(4): 314—316.
- [20] Zhao T B, Li X M, Zhang Z B, *et al.* Studies on the spatial patterns of the populations of *Rhombomys opimus* and *Meriones Meridianus*. Acta Theriologica Sinica, 1998, 18(2): 131—136.
- [21] Zhao T B, Zhang Z B, Li X M, *et al.* Study on spatial patterns of hole groups of *Rhombomys opimus*. Acta Theriologica Sinica, 1998, 17(4): 303—305.
- [22] Wang Y N, Li M S. Nest site structure of night herons (*Nycticorax nycticorax*) in Momoge National Nature Reserve. Chinese Journal of Wildlife, 2006, 27(6): 38—40.
- [23] Jia F, Wang N, Zheng G M. Habitat selection and spatial distribution of white eared-pheasant *Crossoptilon crossoptilon* during early breeding period. Acta Zoologica Sinica, 2005, 51(3): 383—392.
- [24] Wang R X, Sun Y, Liu Y, *et al.* Research on the nest distribution types of several nesting birds. Journal of Tonghua Normal College, 1998, (6): 62—65.
- [25] Ma S Q. Study on the distribution pattern of population of the yellow bittern in breeding season. Acta Ecologica Sinica, 1990, 10(4): 362—366.
- [26] Jana M McPherson, Walter Jetz. Type and spatial structure of distribution data and the perceived determinants of geographical gradients in ecology: the species richness of African birds. Global Ecology and Biogeography, 2007, 16(5): 657—667.
- [27] Brickley N W. Habitat use, predicted distribution and conservation of green peafowl (*Pavo muticus*) in Dak Lak Province, Vietnam. Biological Conservation, 2002, 105(2): 189—197.
- [28] Wu C S. Research and Management on nature resources in Zhalong Nature Reserve. Harbin: Northeast Forest University Press, 1999. 1—108.
- [29] Johnson R B, Zimmer W J. A more powerful test for dispersion using distance measurements. Ecology, 1985, 66: 1669—1675.
- [30] Dugas, Daniel P. The influence of arroyo edges on *Pogonomymex rugosus* nest distribution in the Chihuahuan Desert, New Mexico. Journal of Arid Environments, 2001, 47(2): 153—159.
- [31] Khaemba, Wilson Mwale. Spatial point pattern analysis of aerial survey data to assess clustering in wildlife distributions. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2001, 3(2): 139—145.
- [32] Lark P J, Evens F C. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 1954, 35: 445—453.
- [33] Fang J M. Spatial distribution patterns of rodents. Chinese Journal of Ecology, 1994, 13(1): 39—44.

- [34] Wang H B, Gao Z X. Study on population dynamics of *Ardea purpurea* and *Ardea cinerea* in Zhalong Nature Reserve. *Forest Resources Management*, 1997, (3): 29–34.
- [35] Fang J M, Sun R Y. Seasonal dynamics on the spatial patterns of *Microtus brandti*. *Acta Ecologica Sinica*, 1991, 11(2): 111–116.
- [36] Zhou G F, Xu R M. Study on the spatial distribution pattern formation. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(5): 516–522.
- [37] Han M, Sun Y N, Xu S G, *et al.* Study on changes of marsh landscape pattern in Zhalong Nature Reserve assisted by RS and GIS. *Progress in Geography*, 2005, 24(6): 42–50.
- [38] Wang J Q, Han L, Ma T M. Eco-environmental water requirement in the Zhalong wetland. *Journal of Lake Sciences*, 2006, 18(2): 114–119.
- [39] Cui L J, Bao D M, Xiao H, *et al.* Analysis on the eco-environmental water requirement and the water supply strategy of Zhalong wetland. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 2006, 38(3): 128–132.
- [40] Li F M, Li P X. A comparative study on territories of white-naped crane and red-crowned crane. *Acta Zoologica Sinica*, 1998, 44(1): 109–111.

参考文献:

- [1] 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明. GIS 在野生动物空间分布格局研究中的应用. *四川动物*, 2003, 22(4): 277–280.
- [2] 冯江, 高玮, 盛连喜. *动物生态学*. 北京: 科学出版社, 2005. 65–67.
- [3] 邹红菲, 吴庆明, 卜令浩. 火烧及湿地注水后扎龙丹顶鹤孵化期行为的时间分配. *东北林业大学学报*, 2003, 31(6): 41–42.
- [4] 邹红菲, 吴庆明. 扎龙湿地丹顶鹤与白枕鹤求偶期觅食生境选择对比分析. *应用生态学报*, 2006, 17(3): 444–449.
- [5] 邹红菲, 吴庆明, 马建章. 扎龙保护区火烧及湿地注水后丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 巢址选择. *东北师大学报自然科学版*, 2003, 35(1): 54–59.
- [6] 邹红菲, 吴庆明, 牛茂刚. 扎龙湿地野生与散养白枕鹤繁殖前期觅食生境选择对比分析. *动物学杂志*, 2005, 40(4): 45–50.
- [7] 邹红菲, 吴庆明, 史蓉红. 扎龙保护区丹顶鹤孵化期觅食生境选择. *东北林业大学学报*, 2007, 35(7): 55–57.
- [8] 邹红菲, 吴庆明, 焦为屹. 扎龙保护区散养与野生丹顶鹤孵化期觅食生境选择比较. *东北林业大学学报*, 2007, 35(11): 56–59.
- [9] 吴庆明, 张新刚, 于云飞. 扎龙保护区丹顶鹤育雏生境选择初步研究. *野生动物*, 2007, 28(1): 36–38.
- [10] 王文, 张静, 马建章, 等. 小兴安岭南坡野猪家域分析. *兽类学报*, 2007, 27(3): 257–262.
- [11] 杨建东, 张泽钧, 李明, 等. 蜂桶寨自然保护区小熊猫巢域初步研究. *兽类学报*, 2006, 26(1): 13–17.
- [13] 宋延龄, 曾治高, 张坚, 等. 秦岭羚牛的家域研究. *兽类学报*, 2000, 22(4): 41–49.
- [14] 郭建, 胡锦矗. 大熊猫粪团分布型的研究及其应用. *兽类学报*, 2001, 21(3): 180–186.
- [16] 杨月伟, 刘季科, 刘震. 种群外部及内部因子对东方田鼠巢区大小的效应. *动物学报*, 2005, 51(2): 205–214.
- [17] 周立志, 马勇, 李迪强. 沙鼠亚科物种空间分布格局及其与环境因素的关系. *动物学报*, 2001, 47(6): 616–62.
- [19] 米景川, 夏连续, 王兰芳, 等. 内蒙古北部荒漠草原啮齿动物的空间分布格局. *兽类学报*, 1998, 18(4): 314–316.
- [20] 赵天飙, 李新民, 张忠兵, 等. 大沙鼠和子午沙鼠种群空间分布格局的研究. *兽类学报*, 1998, 18(2): 131–136.
- [21] 赵天飙, 张忠兵, 李新民, 等. 大沙鼠洞群空间分布格局的研究. *兽类学报*, 1997, 17(4): 303–305.
- [22] 王伟楠, 李梦莎. 吉林莫莫格自然保护区夜鹭巢区结构研究. *野生动物*, 2006, 27(6): 38–40.
- [23] 贾非, 王楠, 郑光美. 白马鸡繁殖早期栖息地选择和空间分布. *动物学报*, 2005, 51(3): 383–392.
- [24] 王日昕, 孙颖, 刘阳, 等. 几种洞巢鸟巢分布型的研究. *通化师范学院学报*, 1998, (6): 62–65.
- [25] 马世全. 黄斑苇鹀繁殖期种群分布型的研究. *生态学报*, 1990, 10(4): 362–366.
- [28] 吴长申. 扎龙国家级自然保护区自然资源研究与管理. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1999. 1–108.
- [33] 房继明. 啮齿动物的空间分布格局. *生态学杂志*, 1994, 13(1): 39–44.
- [34] 王洪波, 高中信. 扎龙自然保护区草鹭与苍鹭种群动态研究. *林业资源管理*, 1997, (3): 29–34.
- [35] 房继明, 孙儒泳. 布氏田鼠空间分布格局的季节动态. *生态学报*, 1991, 11(2): 111–116.
- [36] 周国法, 徐汝梅. 空间分布型的形成过程研究. *生态学报*, 1998, 18(5): 516–522.
- [37] 韩敏, 孙燕楠, 许士国, 等. 基于 RS 与 GIS 技术的扎龙沼泽湿地景观格局变化分析. *地理科学进展*, 2005, 24(6): 42–50.
- [38] 王建群, 韩丽, 马铁民. 扎龙湿地生态系统需水量. *湖泊科学*, 2006, 18(2): 114–119.
- [39] 崔丽娟, 鲍达明, 肖红, 等. 扎龙湿地生态需水分析及补水对策. *东北师范大学学报*, 2006, 38(3): 128–132.
- [40] 李方满, 李佩珣. 丹顶鹤与白枕鹤的领域比较. *动物学报*, 1998, 44(1): 109–111.