

大熊猫粪便中竹子咬节长短与年龄和种群数量关系

魏荣平, 张贵权, 王鹏彦, 李德生, 曹家林

(中国保护大熊猫研究中心, 卧龙 四川 623006)

摘要:列举了大量试验数据对用大熊猫粪便中的竹子咬节长短估计大熊猫年龄和种群数量的方法提出了疑问, 粪便中的竹子咬节长短和粪便直径与大熊猫年龄(2 岁以上)没有相关关系, 也没有找到任何非线性关系。粪便中的竹子咬节长短是大熊猫的一个个体特征, 也是一个易受环境影响的变量, 它的波动较大, 作者认为在野外调查工作中用粪便中竹子咬节长短去预测年龄(或年龄组)和种群数量是不可能的。

关键词:大熊猫, 竹子咬节, 调查方法

Relation of bite size in feces with age and population number of Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*)

WEI Rong-Ping, ZHANG Gui-Quan, WANG Peng-Yan, LI De-Sheng, CAO Jia-Ling
(China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Wolong, Sichuan Province, 623006, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 2153~2162.

Abstract: There have been three investigations about the population number of giant pandas in the wild in China. They estimated the population number of giant pandas mainly by the bite size data in the feces of pandas.

In 1999 and 2001, the authors studied the relationship between the bite size in feces and the age at the China Research and Conservation Center for the Giant Panda. More than 20 000 data was obtained, which was used to complete the statistical analysis and correlation analysis between the bite size and age. We get this result: The bite size data is only an individual character. There is no correlation between the bite size and the age, and we cannot find the relationship between bite size, sex, mountains, wild environment and captive environment. We do not know if this character is controlled by heredity. On the other hand, the bite size in the feces is a variable, which is easily affected by the environment (date). According to the statistical analysis, the bite size data is quite different in different individuals and different dates. It changes with the interaction between individual and data. The bite size data of each panda changes with the date. It is impossible to use the bite size to estimate the age and the population number in wild investigations.

Under the management condition, there is no linear correlation and non-linear correlation between the age and feces diameter among the giant pandas over two years old. Feces diameter from the pandas under one and a half years is quite different from the giant pandas over two years old. There is no difference in feces diameter among the giant pandas over two years old. According to the statistical analysis of a giant

基金项目: 中国大熊猫研究中心资助项目

收稿日期: 2002-09-18; **修订日期:** 2003-05-26

作者简介: 魏荣平(1970~), 男, 四川西昌人, 工程师, 主要从事野外调查工作和饲养管理。

Foundation item: The project is supported by China Conservation and Research Center for the Giant Panda.

Received date: 2002-09-18; **Accepted date:** 2003-05-26

Biography: WEI Rong-Ping, Engineer, engaged in investigating giant panda in the wild and raising giant panda.

panda's feces diameter, the giant panda's feces diameter is affected by the environment (date).

The authors also dealt with the experiment date according to reference 2 and 3, and the results disagree with references 2 and 3 and the date variation in references 2 and 3 is too small. We can only get a small variation in the data and the strict control disagrees with the mathematical statistics sampling principle.

Key words: *Ailuropoda melanoleuca*; bite size in feces; age; population number; investigation method

文章编号:1000-0933(2003)09-2153-10 中图分类号:Q958 文献标识码:A

我国的野外大熊猫目前的实际存活数是人们比较关注的问题,野外大熊猫数量是增加还是减少?这不仅关系我国大熊猫保护区几十年的工作成效和国际影响,更主要的是大熊猫这个物种是否会从人类生活的地球上消失,大熊猫数量的变化能为制定进一步的保护措施提供决策依据。所以,野外大熊猫的数量的调查工作倍受关注,对我国野外大熊猫数量是增还是减,在看法上有分歧^[1],观点对立,这个问题的出现主要是没有一个好的调查方法来确定大熊猫的数量,大熊猫的野外数量调查方法有路线调查法,样方法,访问当地农民或猎人,猎犬哄赶计数等方法,全国第3次调查开始时还提出了DNA指纹法,未被采用。猎犬哄赶法影响了大熊猫的正常生活,不再应用。其它方法都是观察路线或样方中大熊猫活动留下的痕迹(粪便、巢穴、食迹等),DNA指纹法是从粪便中取得大熊猫胃肠道脱落的上皮组织的DNA作个体识别和亲缘鉴定,方法都离不开粪便。在学术界对用粪便中的竹子咬节长短(简称咬节长短)估计大熊猫年龄和种群的年龄结构^[2,3]的观点,一直持有不同看法,1999年卧龙中国大熊猫研究中心受全国第三次调查预备会议的委托,在中国大熊猫研究中心的饲养场对竹子咬节长短与年龄的关系进行了研究,得到2万多个观测数据,2001年3月份又补充了部分咬节试验,现将资料整理结果报道。

1 研究方法

1999年8月4日至9月4日对四川省卧龙自然保护区中国大熊猫研究中心饲养场的15只不同年龄(2~16岁)大熊猫粪便中的竹子咬节进行了测定,每只大熊猫每日测定2~3团粪的直径和长度,每团粪测量了34个咬节。2001年3月份又进行了这项工作,但不是简单的重复,而是考虑到上次试验的因子间缺乏均匀可比性,可能存在误差理论中的“人差”,还考虑到3月份的竹子刚发笋,质量不同于8~9月份的竹子,这次试验由一个人进行,主要研究大熊猫粪便中竹子咬节的长短与性别、年龄的关系,这两个因子尽量搭配均匀。要从饲养场的现有大熊猫年龄中选出有相同年龄和相同性别的大熊猫进行试验,分5个年龄段:1.5岁为幼龄期,2.5~3.5岁为少龄期,5~8岁为青年期,10.5岁是成年期,12~17岁为另一年龄段,每个年龄段用相同性别和年龄的大熊猫为重复,无重复的有用有重复的误差作方差分析,每只大熊猫测量了5团粪,有50~70个咬节。同时对1999年的2万多个数据以粪团间为重复和2~3个粪团合并后的竹子咬节平均值分别进行了方差分析。

2 结果与讨论

2.1 粪便直径

表1是1999年的粪便直径与大熊猫年龄的相关系数,粪便直径与大熊猫年龄的22个相关系数都不显著,只有一个相关系数0.941达到0.1水平,另一相关系数0.4575(2001年资料)接近0.05水平的相关系数0.468,2001年设计中应用了1.5岁的大熊猫,是有目的观察,如果将1.5岁弃之,只用2.5~17岁的大熊猫计算年龄与粪便直径的相关系数,相关系数由0.4575下降为-0.02454。可以说,在饲养条件下,2岁以上的大熊猫的年龄与粪便直径无线性相关。表2是2001年资料的方差分析结果,它对前面这个结论是最好的说明,含1.5岁时,年龄达到极显著,交互作用项达显著水平,性别不显著。弃掉1.5岁后的结果是,交互作用项显著,年龄不再显著。可说,1.5岁以下的大熊猫与2岁以上大熊猫的粪便直径有显著差异,2岁以上的各年龄段的大熊猫粪便直径没有显著差异,在人工饲养条件下,2岁大熊猫的肛门和直肠都接近成年大熊猫。大熊猫的粪便直径一定也受环境影响,表3是1999年同一只大熊猫不同日期粪便直径的方差分析,共计22个F值中有9个F值在显著或极显著水平,说明大熊猫的粪便直径受环境(日期)的影响。

表 1 1999 年不同日期的粪便直径与大熊猫年龄的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of the dropping diameter and panda's age on different date in Aug., 1999

日期 Date	8月4日 Aug. 4	5日 Aug. 5	6日 Aug. 6	7日 Aug. 7	8日 Aug. 8	9日 Aug. 9	10日 Aug. 10	11日 Aug. 11	12日 Aug. 12	13日 Aug. 13	1999年 ^① 1999
相关系数 Correlation coefficient	0.3659	0.1700	0.2850	0.0179	0.2744	0.3764	0.4575	0.2932	0.0500	0.2216	0.3232
自由度 Degree of freedom	12	12	10	5	9	11	8	11	4	6	12

日期 Date	8月14日 Aug. 14	15日 Aug. 15	16日 Aug. 16	17日 Aug. 17	19日 Aug. 19	20日 Aug. 20	22日 Aug. 22	24日 Aug. 24	26日 Aug. 26	9月1日 Sept. 1	2001年 ^① 2001
相关系数 Correlation coefficient	0.6418	0.6513	0.4082	0.1728	0.2486	0.5317	0.7977	0.941*	-0.8098	0.8396	0.4575*
自由度 Degree of freedom	5	2	6	5	3	2	2	2	2	3	16

* 0.1 显著水平 at 0.1 level; ①是用这年试验资料各日期的总平均值来计算粪便直径与大熊猫年龄的相关系数,2001 年有 1.5 岁的 4 只幼仔,如果抛弃 4 只幼仔,用 2.5~17 岁的大熊猫计算,相关系数由 0.4575 降为 -0.02454。Correlation efficient decreases from 0.4575 to -0.02454 when calculating without the date of the four small baby pandas

表 2 2001 年粪便直径的方差分析(右边 4 列是抛弃 1.5 岁幼仔的方差分析结果)

Table 2 Variance analysis of the dropping diameter in 2001 (the four columns on the right are the results of variance analysis without the data of the 1.5 year old babies)

方差源 Variance source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F value
性别 A sex A	0.17	1	0.17	0.02	25.92	1	25.92	3.69
年龄 B age B	404.66	4	101.16	9.59**	67.78	3	22.59	3.21
A×B	198.93	4	49.73	4.71*	174.65	3	58.22	8.28*
误差 Error	84.63	8	10.55		42.17	6	7.03	
总 Total	603.75	17			310.52	13		

表 3 1999 年大熊猫粪便直径受环境(时间)影响的方差分析结果

Table 3 Variance analysis of the dropping diameter in 1999, which is affected by environment and time

日期 Date	1999年8月4日 Aug. 4	5日 Aug. 5	6日 Aug. 6	7日 Aug. 7	8日 Aug. 8	9日 Aug. 9	10日 Aug. 10	11日 Aug. 11	12日 Aug. 12	13日 Aug. 13	14日 Aug. 14
F 值 F value	0.82	4.14**	4.67**	1.00	7.35**	5.97**	7.47**	3.72**	9.73**	2.98#	1.38
自由度 df_1, df_2	13,26	13,25	10,18	5,11	9,19	12,23	9,16	12,20	4,6	6,11	6,14

日期 Date	1999年8月15日 Aug. 15	16日 Aug. 16	17日 Aug. 17	18日 Aug. 18	19日 Aug. 19	20日 Aug. 20	21日 Aug. 21	22日 Aug. 22	24日 Aug. 24	26日 Aug. 26	29日 Aug. 29
F 值 F value	2.90	2.21	2.39	3.33	1.68	15.04**	3.49	0.97	7.20#	6.13*	4.59
自由度 df_1, df_2	3,8	6,10	5,10	1,3	2,6	3,6	1,4	3,6	1,4	3,6	2,5

0.1 水平 at 0.1 level * 0.05 水平 at 0.05 level ** 0.01 水平 at 0.01 level

表 4 是粪便直径的排序,可以看到 1.5 岁大熊猫的排序分别为 1,2,4,5 位,排序靠前,抛弃 1.5 岁后看,排序无规律可寻,粪便直径与年龄(2 岁以上)也找不出非线性关系。

1999 年与 2001 年粪便直径的测定中有 7 只大熊猫相同,表 5 列出了这 7 只大熊猫在 1999 年和 2001 年的不同日期粪便直径的平均值,所以用成对 T 检验, $t=1.04$ 不显著,两年的大熊猫粪便直径无差异,说明两年的竹子质量(1999 年为 8 月份的竹子,2001 年为 3 月份的竹子)对粪便直径无影响。如果要研究两

年间同一只大熊猫不同日期粪便直径有无显著差异要用成组 T 检验,表 3 的 F 检验已很好的说明,大熊猫粪便直径受时间(环境)的影响,某些大熊猫 2001 年与 1999 年不同日期的粪便直径肯定有显著的差异,在此不必再去作多余的检验了。

2.2 粪便中竹子咬节长短

如果能用粪便中竹子咬节的长短估计大熊猫年龄,咬节的长短与大熊猫年龄一定有线性或非线性关系,从表 6 看出大熊猫年龄与竹子咬节长短无线性相关关系,30 个相关系数中有 27 个未达 0.1 显著水准,只有 3 个相关系数达到显著水准,自由度又很小,应该增加样本量。年龄是定量指标,如果将年龄划分为年龄组,可用序列相关计算相关系数,因年龄与竹子咬节长短无线性相关,计算序列相关就更不显著了,年龄组的划分必然损失信息。

表 6 的最后一行是 1999 年和 2001 年每只大熊猫各个日期的咬节的总平均值与年龄的相关关系,分别为 0.2231 和 0.3796,它们未达 0.1 水准,2001 年的最小年龄为 1.5 岁,将 1.5 岁弃之,用 2.5 岁以上年龄计算,相关关系为 0.3524,自由度为 12 的 0.1 标准的相关关系为 0.458。说明,竹子咬节长短与年龄没有线性相关,而大熊猫的粪便直径受 1.5 岁年龄的影响。

表 7 和表 8 分别是对 2001 年与 1999 年资料的方差分析,方差分析中 F 检验用的误差不同,表 7 是用相同年龄和性别的个体之间为重复进行的 F 检验,表 8 是用同一日 2~3 团粪便为重复进行的 F 检验。为什么要用不同的误差项去进行 F 检验? 如果,咬节变差的主要来源是由年龄控制的话,年龄控制的咬节均方一定大于相同年龄和性别的个体间的均方,如果个体间的均方大于年龄控制的咬节均方,年龄一定不是影响咬节的主要因子。表 7 的结果说明子其分析是正确的,年龄的均方 16.62 比误差项 17.46 小,抛弃 1.5 岁后的方差分析结果更明显(见表 7 的第 8 列),年龄均方为 17.59 小于误差均方 28.09。这里的误差是在控制年龄和性别的情况下的年龄和性别相同的个体之间引起的咬节的差异,它是个不明白的综合因子。

表 8 的误差项中包含了同一日、同一只大熊猫的 2~3 团粪便中竹子咬节平均值之间的差异,这样的误差当然是很小的,方差来源中的个体间包括年龄,性别,不同山系,及遗传等许多不明因素,可以将个体间平方和(2307.31)进一步分解(该项平方和有 8 个自由度,理论上可分解为 8 个自由度为 1 的正交比较量),由于自变量因子之间不是均匀搭配的,平方和的分解不是正交的,分解后的平方和之总和不会等于原来的平方和,分解后的每项平方和中混杂了其它的因子或因子间的交互作用,从分解后得到的均方大小可以定性地看因子的主次。在知道自变量因子的情况下,作者进行了性别,年龄,山系(岷山,邛崃),人工繁殖和野生几个因子的平方和分解,分解的结果是年龄的均方最小,排在性别,山系等因子之后,它定性的说明了影响咬节的因子的主次,遗憾的是没有遗传资料,不能得出遗传对咬节的影响。如果,咬节特征有一定

表 4 粪便直径与年龄的排序结果

Table 4 Sorting of the dropping diameter and age

序号 Order	2001 年资料(粪便直径 mm) Data of 2001 (dropping diameter mm)			1999 年资料(粪便直径 mm) Data of 1999 (dropping diameter mm)		
	猫名 Panda's name	年龄与 性别 Age and sex	粪直径 Dropping diameter	猫名 Panda's name	年龄与 性别 Age and sex	粪直径 Dropping diameter
	1	武岗	1.5 岁♂	37.30	迪迪	5 岁♂
2	芦芦	1.5 岁♂	42.92	壮壮	10 岁♂	42.58
3	迪迪	7 岁♂	43.30	添添	2 岁♂	43.38
4	晔晔	1.5 岁♀	44.88	姬姬	4 岁♀	44.82
5	古古	1.5 岁♂	45.32	英英	8 岁♀	45.25
6	虹虹	17 岁♀	46.34	大地	7 岁♂	46.40
7	雷雷	12 岁♀	48.24	28#	11 岁♀	46.65
8	希梦	8 岁♂	50.06	21#	12 岁♀	47.42
9	28#	12 岁♀	50.06	龙龙	4 岁♂	49.61
10	优优	2.5 岁♀	51.96	林楠	16 岁♂	50.14
11	月月	8 岁♀	53.53	健健	7 岁♂	51.70
12	囡囡	5 岁♀	54.96	盼盼	14 岁♂	53.21
13	盼盼	16 岁♂	55.56	希梦	6 岁♂	60.04
14	壮壮	12 岁♂	55.66	新兴	12 岁♂	60.24
15	川星	10.5 岁♀	56.44			
16	大地	10.5 岁♂	56.84			
17	琳琳	3.5 岁♂	59.44			
18	新兴	16 岁♂	59.74			

表 5 同一只猫在 1999 年和 2001 年粪便直径(mm)

Table 5 Dropping diameter of the same panda in 1999 and 2001

大熊猫名 Panda's name	迪迪	壮壮	大地	新兴	盼盼	希梦	28#
1999	43.30	55.66	56.84	59.04	55.56	50.06	50.06
2001	41.43	42.58	46.40	60.24	53.21	60.04	46.65
差值 Difference	1.87	13.08	10.44	-1.20	2.35	-9.98	3.41

$T=1.04$ 不显著 not significant

表 6 大熊猫年龄与不同日期咬节长短的相关系数

Table 6 Correlation coefficient of panda's age and bite size on different date

日期 Date	自由度 df	相关系数 Correlation coefficient	R(0.1)	日期 Date	自由度 df	相关系数 Correlation coefficient	R(0.1)
8月4日 Aug. 4	8	0.4811	0.549	8月18日 Aug. 19	2	-0.1290	0.900
8月5日 Aug. 5	10	0.4056	0.497	8月19日 Aug. 19	2	-0.3368	0.900
8月6日 Aug. 6	8	0.3921	0.549	8月20日 Aug. 20	1	0.7269	0.988
8月7日 Aug. 7	6	-0.0650	0.622	8月21日 Aug. 21	1	-0.3341	0.988
8月8日 Aug. 8	8	0.3590	0.549	8月22日 Aug. 22	3	0.9583*	0.805
8月9日 Aug. 9	10	0.0713	0.497	8月24日 Aug. 24	4	0.8421*	0.728
8月10日 Aug. 10	9	0.0393	0.521	8月25日 Aug. 25	1	0.9286	0.988
8月11日 Aug. 11	11	0.0172	0.476	8月26日 Aug. 26	1	0.2957	0.988
8月12日 Aug. 12	3	0.0302	0.805	8月27日 Aug. 27	1	0.8056	0.988
8月13日 Aug. 13	8	0.0064	0.549	8月28日 Aug. 28	1	0.9996*	0.988
8月14日 Aug. 14	5	-0.0461	0.669	8月29日 Aug. 29	1	0.6679	0.988
8月15日 Aug. 15	4	0.1451	0.729	8月30日 Aug. 30	1	0.9888	0.988
8月16日 Aug. 16	5	0.2401	0.669	9月2日 Sept. 2.	1	0.6067	0.988
8月17日 Aug. 17	4	0.2421	0.729	9月3日 Sept. 3	1	0.9908	0.988
1999年 1999	13	0.2231	0.441	2001年 2001	16	0.3796 ^①	0.400

①这个相关系数在弃掉 1.5 岁后为 0.3524 (df=12) The correlation coefficient is 0.3524 (df=12) when calculating without the data of the 1.5 years old pandas; * 表示达到 0.05 水准 reach 0.05 significant level; R(0.1) 是在该自由度下 0.1 水准的相关系数标准 R(0.1) is the standard of correlation coefficients which reach 0.1 significant level at the concerned degree of freedom

表 7 2001 年咬节的方差分析

Table 7 Variance analysis of the bite size in 2001

方差源 Variance source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F
性别 A Sex A	3.106	1	3.106	0.18	0.77	1	0.77	0.03
年龄 B Age b	66.49	4	16.62	0.95	52.77	3	17.59	0.63
A×B	29.61	4	7.40	0.42	13.69	3	4.56	0.16
误差 Error	139.67	8	17.46		168.53	6	28.09	
总 Total	292.88	17			235.77	13		

* 表 7 的 6~9 列是抛弃 1.5 岁后作的方差分析 The variance analysis is made without the 1.5 years old pandas in the 6~9n columns

的遗传力,做其主观分析,有 4 只 1.5 岁大熊猫,这 4 只的咬节长短的排序(从短到长)为啾啾,芦芦,武岗,古古(见表 9),其中野生的芦芦、武岗排序第 2、3 位,人工繁殖的双胞胎啾啾和古古分排第 1 和第 4 位,可否认为人工繁殖和野生繁殖与咬节的长短无关,啾啾和古古除性别差异外,它们的父亲可能有 3 个(林楠,新兴和盼盼),林楠的咬节(28.21mm)排名 7 位,新兴和盼盼的咬节排名 13 位(30.07mm)和 15 位(32.94mm),很可能啾啾的父亲是林楠,古古的父亲是盼盼(或新兴)。从粪便直径(见表 4)看古古的父亲是盼盼(或新兴)的可能性大,啾啾的父亲是林楠的可能性大,野生武岗的粪便直径很小,说明武岗在野生状态下的发育较差(武岗的确切年龄还要推考),当然这只是推测。

表 8 的方差分析说明,粪便中竹子咬节长短受个体,日期及它们的交互作用影响,个体是一个复合因子,它包含了多个因子(年龄,性别,山系,遗传等)。

2.3 咬节长短与大熊猫年龄没有线性关系,有没有非线性关系?

表 9 是 2001 年 18 只和 1999 年 15 只大熊猫粪便中竹子咬节平均值(从短到长)的排序,从表 9 中看不出咬节长短与大熊猫年龄有任何非线性关系。1999 年最短的咬节是 25.30 mm 和 25.86 mm,它对应的大熊猫年龄分别为 10 岁和 8 岁,两只 2 岁的大熊猫的咬节长短分别排第 5 和第 9 位。2001 年咬节最短(24.89mm)的是 12 岁的雷雷,排名第 1,古古虽然才 1.5 岁,它排 15 位(咬节长为 33.91 mm),其余 3 只 1.5 岁的咬节分别排第 2,第 5 和第 8 位,壮壮 12 岁排名第 6,排在 1.5 岁的武岗(第 8)之前,5 岁的琳琳和 2.5 岁的优优分别排 10,11,排在 12 岁的 28# 之后。

表 9 2001 年 3~4 月 18 只大熊猫的年龄与咬节长度(mm)的排序

Table 9 Sorting of the age and bite size of 18 pandas between March and April in 2001

序号 Order	2001 年资料 Data of 2001					1999 年资料 Data of 1999		
	猫名 Panda's name	年龄与性别 Age and sex	咬节长 Bite size	SD	CV	猫名 Panda's name	年龄与性别 Age and sex	咬节长 Bite size
1	雷雷	12 岁♀	24.89	2.19	8.8	壮壮	10 岁♂	25.30
2	啾啾	1.5 岁♀	25.21	3.54	14.0	英英	8 岁♀	25.86
3	月月	8 岁♀	25.35	2.05	8.1	琳琳	2 岁♂	26.57
4	希梦	8 岁♂	26.08	2.64	10.1	健健	7 岁♂	26.95
5	芦芦	1.5 岁♂	26.87	4.61	17.2	21#	12 岁♀	27.21
6	壮壮	12 岁♂	27.17	2.87	10.6	妃妃	4 岁♀	27.23
7	迪迪	7 岁♂	28.48	4.02	14.1	林楠	16 岁♂	28.21
8	武岗	1.5 岁♂	29.65	6.37	21.5	龙龙	4 岁♂	28.54
9	28#	12 岁♀	29.71	3.39	11.4	添添	2 岁♂	28.86
10	琳琳	3.5 岁♂	31.08	4.60	14.8	迪迪	5 岁♂	29.41
11	优优	2.5 岁♀	31.94	7.05	22.1	28#	11 岁♀	29.75
12	川星	10.5 岁♀	32.17	3.24	10.1	希梦	6 岁♂	29.81
13	帼帼	5 岁♀	33.07	4.07	12.3	新兴	12 岁♂	30.07
14	新兴	16 岁♂	33.58	5.20	15.5	大地	7 岁♂	32.21
15	古古	1.5 岁♂	33.91	7.21	21.3	盼盼	14 岁♂	32.94
16	大地	10.5 岁♂	36.05	4.60	12.8			
17	盼盼	16 岁♂	36.27	4.89	13.5			
18	虹虹	17 岁♀	38.29	3.93	10.3			

表 8 1999 年 9 只大熊猫不同日期咬节的方差分析*

Table 8 Variance analysis of 9 pandas' bite size in 1999

方差源 Variance source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F
个体间 Between individuals	2307.31	8	288.41	300.7**
日期间 Between data	165.20	17	9.72	10.13**
交互项 Interaction	413.28	136	3.04	3.17**
误差项 Error	141.01	149	0.96	
总计 Total	3026.81	310		

* 3 雌, 6 雄, 年龄 2~14 岁 Three female and six male at the age of 2~14 years old, * 日期从 8 月 4 日至 8 月 24 日(缺 20, 23 两日) The time is from Aug. 4 to Aug. 24 (no date gathered on Aug. 20 and Aug. 23)

2.4 表 10 列出了同一只大熊猫不同日期咬节的方差分析,15 只大熊猫就有 12 个 F 值达到显著和极显著水准,在一个月(1999 年 8 月 4 日~9 月 4 日)大熊猫的咬节长短明显地受环境(日期)影响,这说明咬节长短是个易受影响的量。表 11 是 6 只大熊猫不同日期的咬节平均值(2~3 团粪的平均值),可看出咬节平均长度随日期波动很大,用同一只大熊猫不同日期中的咬节平均值中的最大值减去最小值,其差值在 3.67~8.20mm 间,其中 28# 和盼盼两只大熊猫的差值分别在 8.11mm 和 8.20mm,表 11 是表 10 结果的最好补充。

表 10 同一只大熊猫,不同日期咬节长度的方差分析的 F 值Table 10 F value of variance analysis of the same panda's bite size on different date

熊猫名 Panda's name	琳琳 2 岁♂	迪迪 5 岁♂	健健 7 岁♂	林楠 16 岁♂	龙龙 4 岁♂	添添 2 岁♂	21# 12 岁♀	妃妃 4 岁♀
F 值 F value	10.82	0.75	20.37*	15.02**	1.46	3.03*	12.56**	21.87**
自由度 df	1,2	2,6	2,3	4,7	7,13	13,19	15,26	5,10
熊猫名 Panda's name	希梦 6 岁♂	大地 7 岁♂	壮壮 10 岁♂	新新 12 岁♂	盼盼 14 岁♂	英英 8 岁♀	28# 11 岁♀	
F 值 F value	6.67**	7.46**	5.64**	2.31**	5.89**	10.82**	8.34**	
自由度 df	11,20	12,23	20,39	24,45	26,43	12,21	12,18	

*0.05 显著水平 0.05 significant level **0.01 显著水平 0.01 significant level

2.5 文献^[4]的咬节数据中有 7 只是用无线跟踪个体取粪便得到的,可靠性较强(如何能保证所取粪便就是这只大熊猫的粪便,因为大熊猫的巢区有重叠,除非用无线电跟踪定位到大熊猫的位置后,马上奔赴大熊猫的活动地,并在该处拾到新鲜粪便),作者对文献^[4]中的数据用成组 T -检验进行检验,其结果是 81# 与宁宁,81# 和龙龙,宁宁与龙龙,珍珍与憨憨,珍珍与貔貅,憨憨与貔貅的粪便仍然分不出它们的咬节差异(T 值不显著),可以将这 7 只大熊猫分成 3 类,81#、宁宁、龙龙为一类,它们之间的咬节无显著差异,珍珍、憨憨、貔貅为另一类,它们之间的咬节无显著差异,只有威威单独成一类,类与类间的咬节是有显著差异的。

表 11 6 只大熊猫不同日期的咬节长短(mm)

Table 11 Bite size of six pandas on different date

日序 Order of date	新兴♂ 12 岁	盼盼♂ 14 岁	壮壮♂ 10 岁	21# ♀ 12 岁	28# ♀ 11 岁	英英♀ 8 岁	日序 Order of date	新兴♂ 12 岁	盼盼♂ 14 岁	壮壮♂ 10 岁	21# ♀ 12 岁	28# ♀ 11 岁	英英♀ 8 岁
1	32.10	35.15	26.63	28.17	29.55	23.67	15	29.83	27.00	25.22	24.58		
2	29.67	34.35	25.3	26.97	31.35	25.83	16	29.40	32.07	24.86	32.92		
3	31.20	33.77	26.27	25.67	30.05	24.85	17	30.61	30.95	25.91			
4	30.07	35.20	25.47	26.60	29.95	28.40	18	29.38	35.04	26.39			
5	30.57	32.95	24.40	27.57	29.57	25.77	19	30.72	31.73	24.57			
6	30.67	31.35	23.10	26.73	26.7	25.80	20	31.40	30.40	25.55			
7	30.23	32.40	25.26	27.23	31.57	26.41	21	29.79	33.32	24.65			
8	30.87	35.05	24.98	27.65	24.83	24.35	22	30.72	33.53				
9	30.47	33.25	25.06	27.29	27.88	25.63	23	30.54	32.97				
10	29.40	33.80	24.81	27.02	30.39	24.58	24	29.66	33.70				
11	28.85	32.83	25.39	27.94	31.46	28.52	25	29.78	33.81				
12	29.79	34.50	25.09	25.67	32.94	26.64	26		29.85				
13	30.20	34.23	26.77	25.30	30.46	25.72	27		32.95				
14	26.50	33.20	25.54	28.12			差值	5.60	8.20	3.67	7.62	8.11	4.85

差值:每只猫日期中的最大值减最小值 Difference: the maximum value minus the minimum value of each panda on each date

表 12 列出了 2000 年野外调查的部份咬节平均值,从排序看,分不出年龄来,如果按文献^[2]的方法来分,序号 1 是少年,序号 2~12 则是青年,序号 13~58 则是成年,序号 59~63 则是老年,那么可以用 1 代表少年,2 代表青年,3 代表成年,4 代表老年,然后计算序列相关,这样求得的相关系数可能显著,也可能不显

著,对文献^[4]的咬节数据的 7 个数据求序列相关,并不显著,相关系数为 0.554,还未到 0.1 水平。本文的试验数据是在已知大熊猫年龄的情况下严格求得的,野外很难看见大熊猫,就是看见了,也分不清它的年龄,看见的是粪便,怎样将粪便中的咬节长短和粪便直径与大熊猫年龄一对一的对应起来建立函数关系,值得讨论。

表 12 2000 年野外调查的部分咬节(100 个咬节平均)数据(mm)
Table 12 Averaged bite size (based on 100 values) investigated in 2000

序号 Order	咬节长 Bite size	SD	CV	序号 Order	咬节长 Bite size	SD	CV	序号 Order	咬节长 Bite size	SD	CV
1	29.49	4.03	13.68	22	35.93	5.62	15.64	43	37.59	4.36	11.59
2	30.77	3.98	12.94	23	36.00	3.13	8.70	44	37.61	4.27	11.34
3	30.92	5.14	16.61	24	36.06	4.09	11.34	45	37.68	4.35	11.55
4	32.15	6.02	18.74	25	36.09	2.46	6.81	46	37.88	4.89	12.91
5	32.87	2.90	8.82	26	36.24	4.72	13.02	47	37.90	4.94	13.04
6	33.15	4.30	12.99	27	36.40	3.90	10.72	48	38.07	5.14	13.51
7	33.68	4.15	12.32	28	36.42	4.54	12.46	49	38.31	3.67	9.59
8	34.17	3.81	11.15	29	36.44	2.56	7.01	50	38.58	4.96	12.85
9	34.53	3.89	11.28	30	36.48	4.08	11.19	51	38.64	4.51	11.67
10	34.78	4.95	14.24	31	36.67	4.04	11.00	52	38.69	4.80	12.40
11	34.84	4.38	12.56	32	36.82	4.33	11.76	53	38.93	3.65	9.38
12	34.93	4.35	12.45	33	36.82	6.17	16.77	54	39.00	4.19	10.77
13	35.07	3.91	11.15	34	36.83	4.04	10.97	55	39.00	5.81	14.90
14	35.17	4.51	13.99	35	37.05	5.11	13.79	56	39.01	4.34	11.12
15	35.46	4.79	13.51	36	37.06	4.65	12.56	57	39.60	2.89	7.29
16	35.47	4.79	13.49	37	37.24	4.31	11.58	58	39.79	4.11	10.33
17	35.66	4.38	12.29	38	37.28	4.06	10.89	59	40.47	5.07	12.54
18	35.71	4.79	13.42	39	37.29	4.39	11.77	60	41.07	3.89	9.46
19	35.75	4.53	12.68	40	37.29	4.50	12.07	61	41.08	4.01	9.76
20	35.84	2.67	7.46	41	37.40	4.35	11.63	62	42.21	3.21	7.60
21	35.90	4.28	11.92	42	37.47	3.44	9.19	63	44.18	6.98	15.79

野外调查取得数据后,只有按文献^[2]的方法去估计年龄,文献^[2]的函数关系是怎样得到的?文献^[2]指出为了验证这一方法的准确性:“我们还用已知年龄载无线电颈圈的、耳号标志的、直接观察到的和饲养场内的个体粪便进行对照,其结果完全一致。”这个结论与本文研究在饲养场的试验不同。如果认为,饲养场的试验不能说明野外的大熊猫,野外大熊猫的咬节长短与年龄有相关,在饲养条件下咬节长短与年龄没有相关,这很难使人理解,那就是说,咬节长短与年龄的关系极易受环境影响,野外的环境也有很大的变化,又怎么能找到两者的关系?

2.6 分析文献^[3],其“大数量近长度分布”,“大数量近长度分布”是正态分布(正态分布很好检验),正态分布下 $\mu \pm \sigma$ 的概率占 68.3%,文献^[3]没有用 68.3%,而是用 57.55%来切除排序后的两端数据,也就是抛弃小的和大的两端咬节数据。作者也用 57.55%来切除所得实验数据,然后用中间这一段咬节数据计算它的平均值和标准差,得不到文献^[3]那么小的标准差(见表 13),得到的表 13 的咬节平均值与文献^[3]的咬节平均值无大的差别。文献^[3]中的标准差在 0.77~1.32mm 之间,因此变异系数很小(2.0%~3.43%),文献^[3]中表 1 数据十分整齐,两团粪的咬节平均值之间的差值平均才 0.171mm,不足 0.2mm,如果咬口是斜面,这个咬节形状为梯形,其长边与短边差也可能大于这个值。文献^[3]使用了“大数量近长度分布”抛弃了两端的极小和极大数据,然后计算平均值和标准差,这将大大的缩小标准差,即使按这样的方法处理数据,仍然得不出这样整齐的数据和这样小的标准差。表 13 是按“大数量近长度分布”处理后得到的结果,标准差在 0.97~2.84mm 之间,变异系数在 2.98%~9.50%,表 13 的数据与文献^[3]的数据差异太大了。抛弃很大和很小的数据是不符合数理统计抽样原理的。

数理统计是描述偶然性内部隐藏的规律的科学,生物的变差是很大的,数理统计在生物学中的应用显得尤其重要,所以数理统计在生物学中的应用很普遍。在生物界中很难找到有如此小变差特征的性状,这样小变差的数据只有在严格控制下取得,不符合统计学原理,退一步说,如果能这样抽取数据的话,那么如何将这样的抽样方法让广大的调查者掌握?因掌握方法的差异,应用这样的抽样方法的结果也一定是十分不整齐的数据。

本文的资料说明,咬节长短在一定程度上是代表了大熊猫的个体特征,这个特征与年龄,性别,山系,野外和饲养环境都没有显著的相关关系,因此不能用这个特征去预测年龄,性别和不同山系的大熊猫。那么这个特征(可能有遗传原因)只代表了个体,不就可以用它来预测个体吗?资料还说明,这个特征是易受环境(日期,竹子质量等许多不清楚的因素)影响的。生物的某些特征是很稳定的,如人的指纹特征终身不变,孪生的指纹也不同,因此可用指纹,掌纹,虹膜,视网膜,声纹特征进行个体识别,目前只有指纹和视网膜识别的误识率低。声纹识别虽然在司法鉴定中使用,对它的可靠性还有怀疑,虹膜识别率只有40%。如果生物的特征易受环境影响,这特征就不能用来做个体鉴定的唯一方法,最好是多种方法结合进行识别。咬节长短与种群数量本来就没有任何关系,文献^[3,5]所用的方法是数学上的聚类分析方法,地理位置很远的粪便不是同一只大熊猫,在一定地理距离范围内的粪便采用竹子咬节长短来识别个体,这是可以的。希望将这种方法更完善化,并结合更多的分析方法,在几种方法比较的基础上确定大熊猫的数量,如果只用一种方法,很可能因方法问题产生系统误差。

从本文的资料看,在饲养条件下的资料和野外调查到的资料,咬节平均值没有大的差异(作者未作统计处理),这说明大熊猫的竹子咬节特征有一定的稳定性,可以作为痕迹学的一项特征来研究。野外大熊猫的年龄(设为因变量Y)是不知道的,粪便中的竹子咬节(设为自变量X)是可测量的,怎么能将自变量与因变量建立一对一的对应关系?设想,咬节长短特征是遗传决定的,那么遗传的影响有多大,环境的影响有多大?这是个需要研究的问题。如果认为饲养条件下的咬节试验结果不能说明野外大熊猫的咬节情况,那说明大熊猫的咬节长短是个易受环境影响的量?

3 问题

用相关系数就能说明用粪便中咬节长短预测大熊猫年龄和种群数量是不可能的,文中用了很多表格和数据来论证这个问题是因为这个观点在大熊猫学术界已有20多年历史,至今还指导和影响着大家的工作,浪费资金和劳力,一些人持不同意咬节可以预测大熊猫年龄和种群数量的看法,但缺乏数据等不能开展讨论。现提出一些建议供大家讨论:

(1) 大熊猫的数量只能用大熊猫痕迹的多少来预测。

表 13 4 只大熊猫不同日期咬节的“大数量近长度分布”的咬节平均值(同一日 3 团粪),标准差和变异系数

Table 13 Averaged bite size, standard variance and coefficient of variance of "grant number of quasi-long bite size distribution" for four panda's on different date

猫名和日期 Name and date	咬节长 (mm) Bite size	SD	CV	分切后的范围 Range after segmentation	分切前的范围 Range before segmentation
28# 8月8日	29.37	1.45	4.92	26.7~31.7	19.8~39.0
10	31.31	1.39	4.42	28.9~34.0	20.5~39.8
英英 8月4日	24.26	1.95	8.04	19.0~27.0	9.9~39.8
5	25.84	1.77	6.85	21.3~28.5	11.9~57.5
7	27.67	1.51	5.45	24.9~31.8	18.9~43.6
9	26.33	1.84	7.00	21.3~29.1	11.1~39.0
11	26.43	1.32	4.98	24.3~29.0	18.0~36.0
新兴 8月4日	31.73	1.94	6.11	28.0~35.5	22.0~61.3
5	29.83	2.84	9.50	24.6~34.2	14.2~46.1
6	30.69	1.66	5.42	27.8~33.9	13.4~44.4
7	30.05	1.91	6.36	26.7~33.2	17.1~39.5
8	30.60	2.19	7.15	26.9~34.5	18.9~43.5
9	30.45	1.50	4.92	27.5~33.7	12.0~47.2
10	30.28	2.22	7.33	26.0~33.6	16.3~45.5
11	31.01	1.55	5.00	28.2~34.0	15.8~41.5
12	30.35	1.86	6.14	27.0~34.1	16.0~40.1
13	28.97	1.76	6.07	26.4~32.1	18.2~40.5
大地 8月5日	34.88	1.88	5.38	31.7~38.5	19.8~43.9
7	33.14	1.84	5.54	30.1~36.7	20.5~40.8
8	31.24	1.72	5.50	28.7~34.7	18.0~42.2
10	32.49	0.97	2.98	30.8~34.2	20.8~43.5
11	31.72	1.38	4.35	29.0~34.4	20.5~38.3
12	32.25	1.61	5.00	27.8~35.3	14.1~42.1
13	32.17	1.82	5.66	29.0~35.5	16.5~55.0

(2) 大熊猫的 DNA 可以用来鉴定大熊猫亲缘关系。

(3) 用卫星图片来观察大熊猫生态环境的变化是必需的研究工作。

(4) 不能用“穷尽法”来搜索所有的面积,只能用统计推断的办法,用样本估计总体,得出“点估计”和“区间估计”。

(5) 野外大熊猫的绝对数量是不可能精确得到的,应该用大熊猫每年活动痕迹的增减来确定大熊猫的“增加和减少”。

(6) 咬节长短可以作为大熊猫个体的一项特征进入痕迹学研究。用咬节的长短特征结合数学上的聚类方法是可以应用的,关键是门坎值的确定,最好选取多项指标并结合多种方法进行大熊猫的数量调查,避免系统误差。

4 结论

(1) 大熊猫粪便中竹子的咬节长短与年龄无线性相关,也得出任何非线性关系,不能用咬节长短预测大熊猫的年龄和种群数量。咬节长短有一定的稳定性,也是一个易受环境影响的变量。

(2) 饲养条件下,2 岁以上大熊猫的粪便直径与年龄无线性相关性和非线性关系,1.5 岁以下的大熊猫的粪便直径与 2 岁以上大熊猫的粪便直径有差异。

(3) 文献^[2,3]的数据不符合数理统计处理原则。

References:

- [1] Feng W H, Li G H. *Rescue giant panda*. Sichuan Science and Technology Publishing House, 2000. 65~75.
- [2] Hu J S. A study on the age and age structure of panda's population based on panda's feces. *Biological Research on Panda and Its Progresses*, Sichuan Science and Technology Publishing House, 1990. 142~145.
- [3] Huang C M, et al. Preliminary study on the dynamics of panda's population in Wolong and its stability. *Biological Research on Panda and Its Progresses*, Sichuan Science and Technology Publishing House, 1990. 223~234.
- [4] Hu J S, Xia L, et al. *Giant panda of Wolong*. Sichuan Science and Technology Publishing House, 1985. 118.
- [5] Pang W S, Liu Z, Zhu X J, et al. *The chance to survive*. the Publishing House of Beijing University, 2001. 178~183.

参考文献:

- [1] 冯文和,李光汉编著. 拯救大熊猫. 成都:四川科技出版社,2000. 65~75.
- [2] 胡锦涛. 从野外大熊猫的粪便估计年龄及其种群年龄结构的研究. 大熊猫生物学研究进展. 成都:四川科技出版社,1990. 142~145.
- [3] 黄乘明,等. 卧龙大熊猫的种群动态及稳定性的初步研究. 大熊猫生物学研究进展. 成都:四川科技出版社,1990. 223~234.
- [4] 胡锦涛,夏勒,等著. 卧龙的大熊猫. 成都:四川科技出版社,1985. 118.
- [5] 潘文石,吕植,朱小健,等. 继续生存的机会. 北京:北京大学出版社,2001. 178~183.