

笼养大猩猩行为研究中瞬时扫描 最适取样时间间隔的确定

刘群秀 朱迎娣 黄 晶 姚健庄

(上海动物园 上海 200335)

摘要:2009年9~12月以4只大猩猩(*Gorilla gorilla*)为研究对象,应用瞬时扫描取样法观察记录其活动行为,建立不同取样间隔与数据准确性和数据独立性的线性回归方程,计算变量系数和常数项的95%置信区间,进而确定瞬时扫描法的最适取样间隔。研究结果表明,大猩猩活动主要集中于上午10:00~11:00时和下午14:00~15:00时($\chi^2 = 19.110$, $df = 4$, $P = 0.001$),不同大猩猩个体间活动行为存在显著差异(Kruskal Wallis Test, $\chi^2 = 11.229$, $df = 3$, $P = 0.011$)。随着取样间隔的增大,间隔取样与连续取样数据的相关系数呈下降趋势,满足数据准确性需求的最适取样间隔为3~13 min,随取样间隔的增大,数据独立可能性逐渐升高,其中满足数据独立性需求的最适取样间隔为2~8 min。综合考虑以上两种因素,确定针对大猩猩活动行为的瞬时扫描取样的最适间隔为3~8 min。

关键词:瞬时扫描取样法;大猩猩;行为;取样间隔

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2010)06-71-07

Appropriate Sampling Interval of Instantaneous Scan by Behavior Observation on Gorilla (*Gorilla gorilla*) in Captivity

LIU Qun-Xiu ZHU Ying-Di HUANG Jing YAO Jian-Zhuang

(Shanghai Zoological Park, Shanghai 200335, China)

Abstract: Through instantaneous sample method, we observed 4 Gorilla (*Gorilla gorilla*) individuals in Shanghai Zoo from September to December 2009 to determine appropriate sampling interval to separate two consecutive observation. The focus animals were active during 10:00 – 11:00 and 14:00 – 15:00, and significant difference in active frequency between individuals was detected. The appropriate sample interval is 3 – 13 min. Data accuracy would be reduced and data independence would be increase when increase sampling interval. The appropriate sample interval supposed by this study is 2 – 8 min. Here, a compromised sample interval of 3 – 8 min is considered.

Key words: Instantaneous sample method; Gorilla; Behavior; Sampling interval

瞬时扫描取样法(instantaneous scan sampling)^[1],是观察者按照预先设定的时间点(sample points)记录目标个体当前行为模式的研究方法^[2]。该方法被广泛应用于动物行为的研究中^[3],主要用于记录动物的行为模式(behavior patterns)、不同个体行为的一致性(behavioral synchronization)、种群的空间关系

(spatial relationships in populations)等^[4]。然而,在应用该方法过程中,取样时间点和取样时间间隔的选择至关重要。如果取样间隔过长,则:

第一作者介绍 刘群秀,男,博士;研究方向:动物生态学;
E-mail:liuqunxiu@126.com。

收稿日期:2010-03-26,修回日期:2010-07-08

(1) 收集数据的样本量偏小, 研究结果准确性会下降; (2) 观察时间长, 目标对象及其周边环境可能发生变化; (3) 长时间的观察会使记录者的注意力降低, 从而影响研究结果; 如果取样间隔过短, 尽管能够提高数据的准确性^[5], 但仍存在一定缺陷: (1) 如果同时记录多个动物的行为, 或动物行为类型较多, 会影响记录者的观察效率及数据的可靠性^[4]; (2) 收集数据的独立性降低, 形成行为记录上的假重复 (pseudo-replicate), 从而错误地扩大样本量^[1]。已有的研究中, 对瞬时扫描取样时间间隔的选择存在很大差异, 例如: 张佰莲等^[6-7]选取 5 min 的取样间隔观察白头鹤 (*Grus monacha*) 的警戒行为和大鸨 (*Otis tarda*) 雏鸟的日常行为; 刘群秀等^[8]对幼龄藏狐 (*Vulpes ferrilata*) 的昼间行为进行观察, 将取样间隔设定为 5 min; 周岐海等^[9]在黑叶猴 (*Presbytis francoisi*) 和熊猴 (*Macaca assamensis*) 行为研究中, 为保证数据独立性, 将取样时间间隔设为 10 min; Turner 选取 2 h 作为取样间隔对狍 (*Capreolus capreolus*) 的群体行为开展研究^[10]。以上各研究方法 (取样间隔) 均是人为主观设定, 未能深入探讨取样间隔的科学性及其对研究结果的影响。因此, 合理地选择瞬时扫描取样的时间间隔对于准确高效地研究动物行为和获得科学的研究结果具有重要的决定作用。

针对瞬时扫描取样时间间隔的问题, Bernstein 1991 年提出基于行为持续时间及其

标准差来避免数据间依赖性的计算方法, 然而行为持续时间的测定既耗时又耗力^[1]; Engel 1996 年通过分析间隔取样数据与连续取样数据的相关性, 及数据本身的独立性等因素来确定瞬时扫描取样的最适间隔^[4], 然而该方法是以数据独立性需求作为决定因素, 而对取样数据的准确性和代表性没有提出明确要求。鉴于前人的研究方法和结果, 我们以上海动物园的笼养大猩猩 (*Gorilla gorilla*) 为研究对象, 应用瞬时扫描取样法观察记录其昼间行为。在综合考虑研究结果的准确性及取样独立性两因素的条件下, 利用置信区间筛选出符合数据显著性水平需求的取样间隔范围, 确定适合大猩猩及其类似物种的最适的瞬时扫描取样间隔。该方法能够客观准确地分析出数据的分布规律和取样要求, 将为瞬时扫描取样法在动物行为研究中的科学应用提供理论指导, 为瞬时扫描取样间隔的设定提供科学依据。

1 研究对象

本研究于上海动物园展开, 研究对象为 4 只圈养大猩猩 (1 雄、2 雌、1 幼, 表 1)。圈养环境分室内和室外两部分, 活动场中有假山、栖架、倒木、绳子等丰容设施。动物每日喂食时间分为上午 9:30 时和下午 15:30 时, 展出时间一般为 9:30~16:00 时。由于圈养大猩猩的活动受饲养员喂食活动影响, 本研究中行为的观察时间为 10:00~15:00 时。

表 1 研究大猩猩个体信息
Table 1 Information of Gorillas observed

个体 Individual	称谓 Name	性别 Gender	年龄 Age	体重 Body weight (kg)	健康状况 Health
雄 1 Male 1	DANGO	♂	18	210	健康
雌 1 Female 1	ASTRA	♀	15	90	健康
雌 2 Female 2	QUENTA	♀	20	95	健康
幼体 Juvenile	HABE	♂	2	—	健康

— 表示没有详实数据。— Represents no data.

2 研究方法

在行为学研究中, 全事件记录法最为准确, 但该方法耗时耗力, 很难实现^[11], 瞬时扫描取

样法可以获得比较正确的动物行为的时间比例^[12], 因此本研究采用瞬时扫描取样法对大猩猩行为进行记录。根据已有的技术及设备水平, 我们选取 30 s 为最小取样时间间隔, 并假

设该取样方式等同于全事件记录法(连续取样)的效果。最适取样间隔的确定通过以下 3 个步骤完成:(1)连续记录法(continuous recording)可以最为正确地描述动物行为的频率和持续时间^[2,12],本研究中鉴于研究设备等条件限制,我们以 30 s 为最小取样时间间隔记录动物行为,并以此替代连续记录法的研究结果,行为持续时间的计算是基于游程统计法,即相邻时间点如果观测到同种行为,则视为该行为连续发生,其持续时间为该行为发生次数乘以取样时间间隔;扩大取样时间间隔(分别为 1 min、2 min、4 min、6 min、8 min、10 min、12 min、14 min、16 min、18 min、20 min),将不同取样时间间隔的研究结果与连续记录法进行相关分析,应用 Pearson 相关系数衡量观测数据的准确性(相关性越高,数据准确性越高),分析变量为不同时间段活动行为的发生频率;(2)为避免行为记录的数据间存在依赖性 or 自相关,在扩大取样时间间隔的同时,应用游程检验(runs test)计算数据本身的独立性(independence);(3)建立数据准确性和数据独立性与取样时间间隔的线性回归方程,分析取样时间间隔对数据准确性和独立性的影响,计算方程变量系数的 95% 置信区间,计算符合数据准确和独立显

著性水平的最适时间间隔。由于各种行为类型的出现频率和持续时间不同,本研究中,我们将大猩猩的行为简单划分为活动(包括奔跑、走动、取食等)和非活动(以休息为主)。研究中针对活动行为进行分析,确定观察每小时(h)大猩猩活动行为的瞬时扫描取样最适时间间隔。

3 结 果

应用瞬时扫描法(取样间隔为 30 s)共记录大猩猩活动行为数据 60 h,共计 7 200 次。观察期间大猩猩活动正常,无异常行为或外部影响。

3.1 大猩猩活动行为昼间节律及特征 大猩猩昼间的活动主要集中于上午 10:00~11:00 时和下午 14:00~15:00 时($\chi^2 = 19.110$, $df = 4$, $P = 0.001$),中午(11:00~13:00 时)以休息为主。不同大猩猩个体间活动频次上存在显著差异(Kruskal Wallis Test, $\chi^2 = 11.229$, $df = 3$, $P = 0.011$),雄 1 个体活动最少($27.8\% \pm 13.8\%$),以休息为主,雌 1 活动行为稍多($31.3\% \pm 14.0\%$),仍以休息为主,幼体则最活跃($72.8\% \pm 15.0\%$),很少休息(图 1)。从行为的持续时间和变化频次来看,雄 1 个体的活动行为最少,平均持续时间为(2 ± 2) min,且

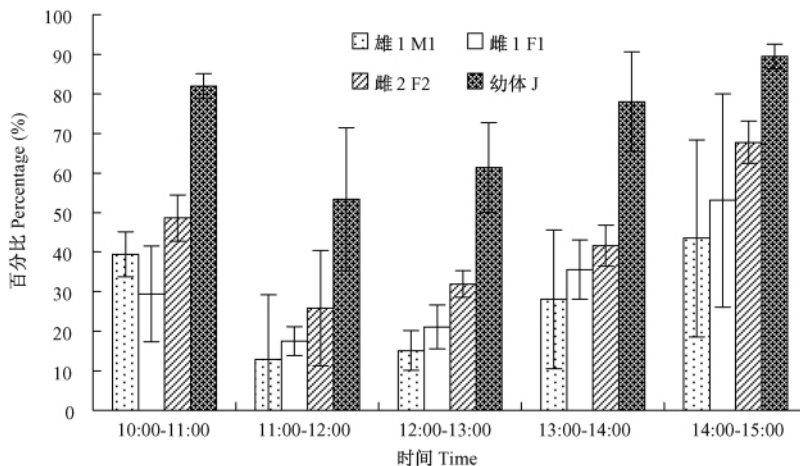


图 1 笼养大猩猩活动行为的昼间节律

Fig.1 Activities of captive gorillas in daytime

图中高低线为标准差(SD)。High-low line represents standard deviation (SD).

行为比较单一(游程数量 $Runs = 14$,下同) ,以休息为主;雌 1 个体的行为平均持续时间为 (2 ± 1) min;雌 2 个体活动行为持续时间为 (2 ± 1) min ,行为变化较频繁 ($Runs = 19$) ;幼体 (HABE) 以活动行为为主 ($Runs = 13$) ,并且持续时间最长 ,为 (5 ± 4) min (图 2) 。

3.2 瞬时扫描最适时间间隔的确定 随着取样时间间隔的增大 ,数据的准确性呈下降趋势。数据准确性 (y) 和取样时间间隔 (x) 之间的线性回归方程为: $y = -0.019x + 0.996$ ($r^2 = 0.314$) (表 2) 。根据变量系数的 95% 置信区

间和 Pearson 相关系数的显著性水平 ($P = 0.05$) ,则满足数据准确性需求的取样时间间隔为 3 ~ 13 min (图 3) 。

随着取样时间间隔的增大 ,数据独立性逐渐升高。数据独立性 (y) 与取样时间间隔 (x) 间的线性回归方程为: $y = -0.016x + 0.018$ ($r^2 = 0.440$) (表 2) 。根据变量系数的 95% 置信区间和游程检验的数据独立的显著性水平 ($P = 0.05$) ,则满足数据独立性的取样时间间隔为 2 ~ 8 min (图 4) 。

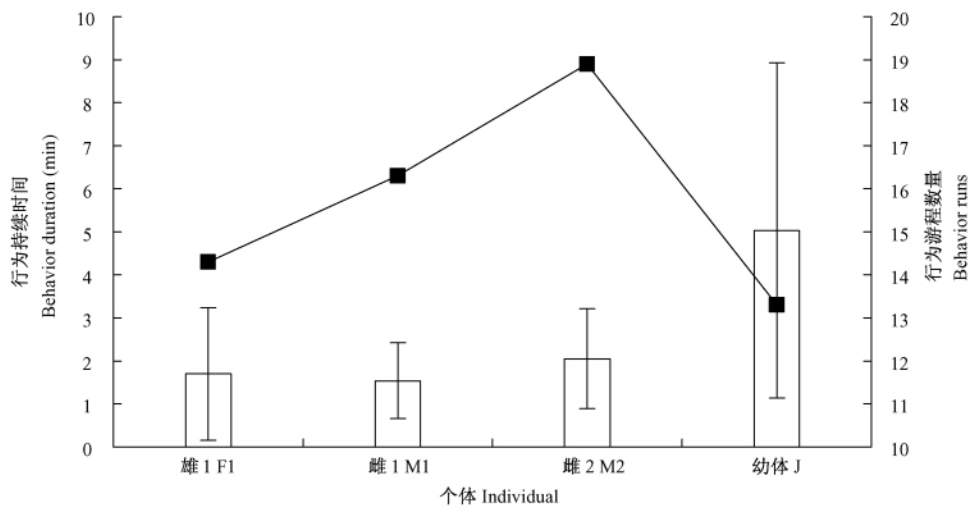


图 2 不同大猩猩个体行为持续时间(柱状图,左纵轴)及行为游程数量(线图,右纵轴)

Fig.2 Behavioral duration (Histogram left y-axis ,min) and behavioral runs (Line ,right y-axis ,times) by each gorilla individual

图中高低线为大猩猩活动行为持续时间的标准差(SD) ; 游程(同种行为的排列)数量越多 ,代表行为变化频率越高。
High-low line represents the standard deviation (SD) ; The more behavioral runs were ,the more behavior changes were presented.

表 2 数据准确性和独立性(y)与取样时间间隔(x)的线性回归分析

Table 2 Linear regression between data representation/independence (y) and sample interval (x)

	类别 Category	系数 Coefficients	标准误 Standard error	95% 置信区间 Confidence interval	
				下限 Lower	上限 Upper
方程 1 Regression 1*	变量系数 Variable coefficients	-0.019	0.002	-0.023	-0.014
	常数项 Constants	0.996	0.029	0.940	1.052
方程 2 Regression 2**	变量系数 Variable coefficients	0.016	0.002	0.013	0.019
	常数项 Constants	-0.018	0.019	-0.054	0.019

* 数据准确性与取样时间间隔的线性回归(方程 1) ; ** 数据独立性与取样时间间隔的线性回归(方程 2) 。
* Linear regression between data representation and sample interval (Equation 1) ; ** Linear regression between data independence and sample interval (Equation 2) .

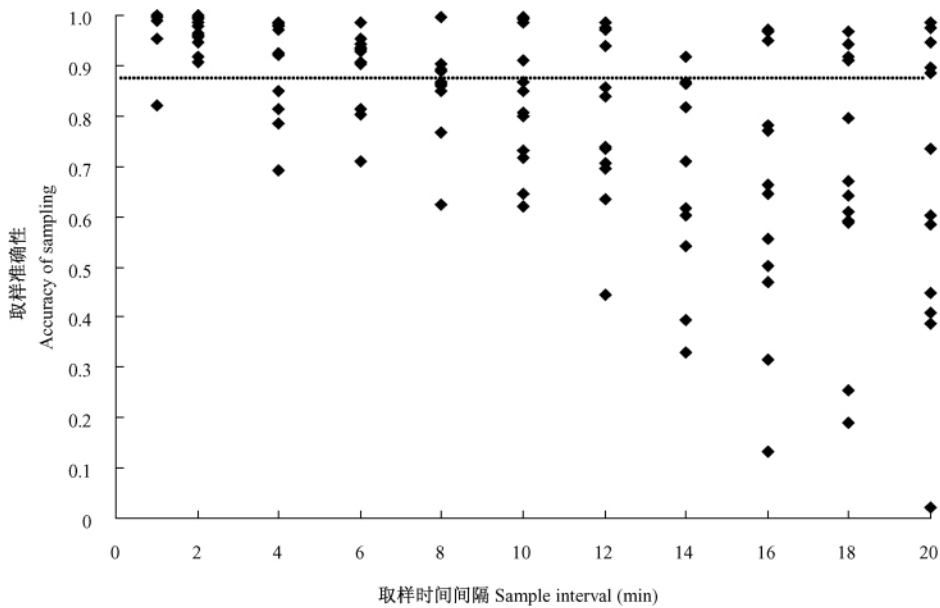


图 3 瞬时扫描取样时间间隔与取样数据准确性关系散点图 (以大猩猩的活动行为为例)

Fig. 3 Scatter-plot between sample interval and data representation (Based on the active behavior of gorillas)
图中虚线为相关分析显著性的临界点 ,以上为显著相关区域。

Dashed line represents the significant level of correlation coefficient ,above is significantly correlated.

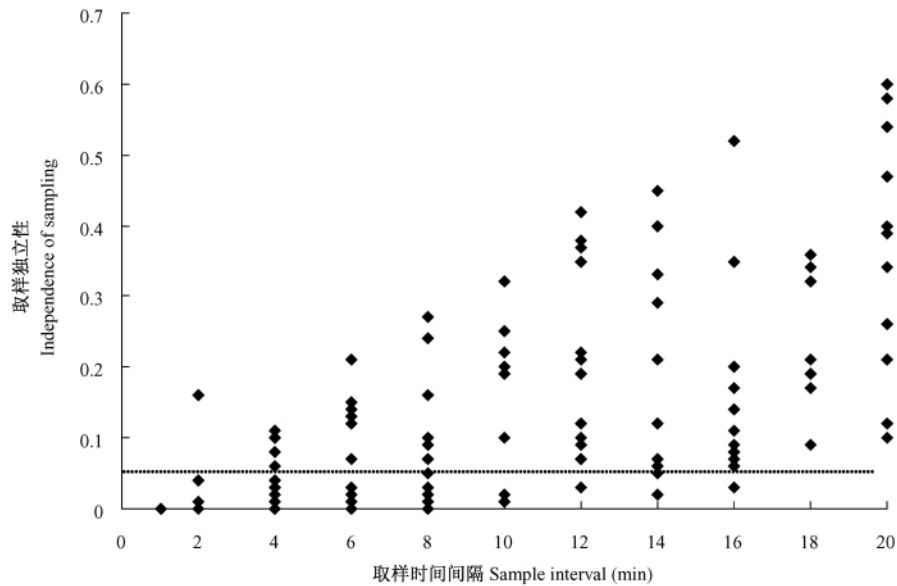


图 4 瞬时扫描取样时间间隔与取样数据独立性散点图 (以大猩猩的活动行为为例)

Fig. 4 Scatter-plot of sample interval and data independence(Based on the active behavior of gorillas)
图中虚线为数据独立显著性水平 ($P = 0.05$) ,以上为取样独立区域。

Dashed line represents the critical($P = 0.05$) of data independence ,above is the independent sampling area.

4 讨 论

研究中,不同大猩猩个体间活动行为呈现显著差异,其中幼龄大猩猩活动最多,以玩耍为主。玩耍对于幼龄动物的感官、运动、社群及认知的发育具有重要的推动作用^[13],因此,幼龄大猩猩呈现出更多种行为具有十分重要的生物学意义。另外,人工饲养大猩猩的活动时间在一定程度上受饲养员喂料的影响,而集中在日间某个时段,形成了对笼养环境的物种特异性适应。

瞬时扫描取样法的正确性取决于样本间隔的长度和行为模式的平均持续时间的比例^[12]。Powel 等认为,瞬时扫描取样时间间隔越短,越接近于连续取样的研究结果^[14]。动物行为状态变化越频繁,则瞬时扫描取样法获得的研究结果与实际情况偏离越大^[15]。本研究中,我们得到相同的研究结果,即随着取样间隔的增加,研究结果的准确性逐渐下降。大猩猩的活动行为在不同个体间存在显著差异,因此基于瞬时扫描取样的研究及操作需要综合考虑多个个体和因素。同连续取样相比,瞬时扫描取样可能出现正或负的误差,多个误差综合的结果是该方法能够比较近似地接近连续取样结果^[14,16]。徐宏发等提出随着间隔时间的增大,误差越来越大,一般把误差控制在 10% 以内就可以了^[12]。我们利用置信区间筛选出符合数据显著性水平($P < 0.05$)的取样间隔范围,该方法在数理统计上更加科学有效,同时也为大猩猩及相似物种行为研究中瞬时扫描取样法的应用提供了科学的判断方法和依据。Meany-Daboul 等指出,瞬时扫描取样法在各种强度(低-中-高)的刻板行为的记录中均比较准确^[11],然而瞬时扫描法的应用在观察对象样本量较小,概括性较差时,要谨慎使用^[3,11]。

本研究通过观察和分析大猩猩的活动行为,提出瞬时扫描取样最适间隔的确定方法。然而通常情况下,动物会呈现出多种行为类型,因此在行为学研究中,需要综合考虑多种主要行为的取样间隔^[4]。本研究探讨的瞬时扫描

取样间隔适用于对动物行为在单位时间内的分配及节律的观察分析,以清楚分析动物每小时的行为特征为研究需求,对于发生频率较低的行为类型,易产生较大的研究误差。本研究中应根据不同大猩猩个体的行为活动特征,综合制定最适瞬时扫描取样时间。然而过短的取样间隔会给观察者带来影响,进而影响记录数据的可靠性^[12]。因此,瞬时扫描取样比较适用于记录一种或几种主要行为,以确保记录的行为数据更加准确客观^[15]。在确定瞬时扫描取样法最适间隔过程中,存在的另一个问题是分析所需的样本量。不同的观察个体间瞬时扫描取样的结果会出现很大不同^[17]。Engel 认为,如果研究对象为整个动物群体(group),则每一个亚群体(subgroup)中至少需要一个个体,并且所得的取样间隔最后仍需要进行综合判断^[4]。本研究中,我们选择大猩猩群体中所有个体(共 4 个)开展行为观察和分析,可以准确客观地反映笼养条件下大猩猩的行为特征和科学取样方法。本研究中,针对大猩猩的活动行为开展研究,初步确定瞬时扫描法的最佳取样间隔,以为后续研究提供理论指导,同时将研究结果应用于野外动物行为研究中,将有助于准确、高效地观察记录动物行为。此外,瞬时扫描取样法的误差来源之一是行为的记录者存在主观性^[12],故应加强观察人员记录动物行为的准确性和客观性。本研究尚存在以下问题:样本量小;研究的行为类型单一;研究结果适于体型较大、行为类型较少的物种。因此,确定不同行为类型的最适取样间隔、动物本身的活跃程度、行为多样性因素对取样间隔的影响等将是今后瞬时扫描取样的研究重点和发展方向。

致谢 本研究在开展过程中得到上海动物园灵长队饲养员杨天伦、蒋国卫、胡福俊等的全力合作与帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Bernstein I S. An empirical comparison of focal and ad libitum scoring with commentary on instantaneous scans,

- all occurrence and one-zero techniques. *Animal Behaviour*, 1991, 42: 721 – 728.
- [2] Altmann J. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 1974, 49(3): 227 – 267.
- [3] Harrop A, Daniels M. Methods of time sampling: a reappraisal of momentary time sampling and partial interval recording. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1986, 19(1): 73 – 77.
- [4] Engel J. Choosing an appropriate sample interval for instantaneous sampling. *Behavioural Processes*, 1996, 38: 11 – 17.
- [5] Watson D M. Play behavior in a captive group of Red-necked Wallabies (*Macropus rufogriseus banksianus*). Ph. D. thesis, University of New South Wales, 1990, 324.
- [6] 张佰莲, 田秀华, 刘群秀. 崇明东滩自然保护区越冬白头鹤警戒行为的观察. *东北林业大学学报*, 2009, 37(7): 93 – 96.
- [7] 张佰莲, 田秀华, 刘群秀, 等. 人工饲养大鸨雏鸟行为变化趋势及日节律. *动物学杂志*, 2007, 42(6): 57 – 63.
- [8] 刘群秀, 王小明, 王正襄. 青海省都兰县沟里乡幼龄藏狐昼间行为节律. *动物学杂志*, 2009, 44(5): 128 – 132.
- [9] 周岐海, 黄中豪, 韦华, 等. 同域分布黑叶猴和熊猴的活动时间分配比较. *兽类学报*, 2009, 29(1): 1 – 6.
- [10] Turner D C. A multi-variate analysis of roe deer (*Capreolus capreolus*) population activity. *Revue Suisse de Zoologie*, 1980, 87: 991 – 1002.
- [11] Meany-Daboul M G, Roscoe E M, Bourret J C, et al. A comparison of momentary time sampling and partial interval recording for evaluating functional relations. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 2007, 40: 501 – 514.
- [12] 徐宏发, 张恩迪. 野生动物保护原理及管理技术. 上海: 华东师范大学出版社, 1995, 70 – 74.
- [13] Spinka M, Newberry N C, Bekoff M. Mammalian play: training for the unexpected. *The Quarterly Review of Biology*, 2001, 76: 141 – 168.
- [14] Powell J, Martindale A, Kulp S. An evaluation of time-sample measures of behavior. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1975, 8: 463 – 469.
- [15] Saudargas R A, Zanolli K. Momentary time samplings as an estimate of percentage time: a field validation. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1990, 23: 533 – 537.
- [16] Powell J, Martindale B, Kulp S, et al. Taking a closer look: time sampling and measurement error. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1977, 10: 325 – 332.
- [17] Pöysä H. Measuring time budgets with instantaneous sampling: a cautionary note. *Animal Behaviour*, 1991, 42: 317 – 318.