

动物生境利用研究方法综述

唐佳¹, 李德品¹, 徐怀亮², 肖文^{1*}

(1. 大理学院东喜玛拉雅资源与环境研究所, 云南大理 671003; 2. 四川农业大学动物科学学院, 四川雅安 625014)

摘要:生境是动物生存和繁衍的场所, 生境的质量及其可利用程度是决定动物种群存亡的关键。因此, 研究生境利用成为如何有效保护和管理野生动物中一个不可避免的课题。生境利用研究的方法自 20 世纪 20 年代开始经历了漫长的发展过程, 形成了多种相关的研究方法和技术手段。在实际应用中各种方法有其优点, 同时也存在着不足, 给数据的收集带来了一定的困难。本文重点分析了现有的动物生境利用研究的各种方法/手段的优点及其不足之处, 并提出了未来动物生境利用方法/技术的发展方向, 以期对今后开展生境利用研究工作时在方法的选取以及创新方面给予一定的指导。

关键词: 生境利用; 研究方法; 技术改进; 生物多样性保护

中图分类号: Q958.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083(2013)04-0633-07

Methods for Habitat Use of Animal

TANG Jia¹, LI Depin¹, XU Huailiang², XIAO Wen^{1*}

(1. Eastern Himalaya Institute of Ecology Research, Dali University, Dali, Yunnan Province 671003, China;

2. Faculty of Animal Sciences, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan Province 625014, China)

Abstract: Quality and availability of habitat are critical factors for animal survival. Habitat use becomes a vital important problem for wildlife protection and management. The development of habitat use is a long process from 1920s including various current research methods and techniques. However, there are advantages and disadvantages of each method in practice work, which may affect the data collection. This study mainly illustrated the advantages and disadvantages of current methods/techniques on data collection of habitat use, and showed the direction of future method/technique development. This can help the researchers in choosing or creating methods on habitat use study.

Key words: habitat use; research methods; technical improve; biodiversity conservation

生境是动物生存和繁衍的场所, 为动物提供资源、庇护所、筑巢位置和交配的场所 (Reunanen *et al.*, 2002)。生境利用 (habitat use) 是有关动物个体或物种为了满足其生活史需要而对环境 (非生物和生物环境) 利用的方式 (Block & Brennan, 1993; Krausman, 1999)。生境利用的研究是阐述动物个体在不同生境类型中的实际分布 (Hutto, 1985)。生境选择 (habitat selection) 是行为响应的过程, 即动物为了生存及其适合度 (fitness) 而对生境不成比例的利用过程 (Hutto, 1985; Block & Brennan, 1993)。生境利用是生境选择过程的最终结果 (Jones, 2001)。因而, 无论是在概念上还是在实验观察中, 生境利用与生境选择通常都不严格地进行区分 (Hall *et al.*, 1997)。

了解动物的生境选择和生境利用对生态学家、保护生物学家以及保护管理部门都十分重要。一方面, 资源利用和生境选择是生态学的核心问题, 选择过程将促进物种共存并成为进化和物种分化的推动力量 (Lack, 1933; McPeck, 1996; Morris, 2003; Pettorelli & Durant, 2007); 另一方面, 对生境管

理和物种保护工作而言, 尤其是野生动物管理者在规划新的保护地、进行迁地或者再引入保护的的工作中, 动物生境利用的信息和数据是必不可少的 (Garshelis, 2000; Stamps & Swaisgood, 2007)。随着保护工作的深入, 保护管理部门和保护工作者越来越重视在制定保护计划的过程中结合生境信息和种群动态, 因此, 近年来生境选择的研究工作变得更为紧迫 (Caughley, 1994)。动物生境利用的研究自 20 世纪 20 年代开始至今经历了一个漫长的发展过程 (Grinnell, 1917; Harris, 1952; Nams, 1989; Coelho *et al.*, 2008)。从早期的直接研究法 (Grinnell, 1917)、痕迹法 (Hayne, 1949) 到 20 世纪中后期的无线电追踪系统 (Dice & Clark, 1953)、自动感应照相系统以及 20 世纪末的卫星遥测技术和 GPS 追踪技术的应用都为生境利用的研究做出了巨大的贡献。但在实际工作中, 每种方法均有可取之处, 同时也有着不足。本文就动物生境利用研究的各种技术/方法作一综述, 阐述各种技术/方法的长处及不足之处, 并提出动物生境利用研究手段的未来发展方向, 为今后相关工作的开展提供一定的参考。

收稿日期: 2012-12-09 接受日期: 2013-04-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 30960085); 云南省高校滇西北生物多样性科技创新团队建设基金 (云教函〔2011〕93 号)

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: xiaowen.dali@gmail.com

1 动物生境利用研究方法的介绍与分析

动物生境利用的研究方法可分为直接研究法、间接研究法。其中间接研究法包括痕迹法、访查法、追踪定位以及自动感应照相系统监测法等。

1.1 直接研究法

直接研究法是指研究者通过肉眼或望远镜、夜视仪等光学仪器直接对动物及其分布进行的观察 (Hashimoto *et al.*, 1998; Saab, 1999)。直接研究法是早期生境利用的研究技术之一,目前仍广泛应用于多种动物的研究中,涉及哺乳动物 (Dunstone & Gorman, 1998; Ramachandran & Joseph, 2000)、鸟类 (Gilchrist & Robertson, 1999; Saab, 1999)、两栖动物 (Regosin *et al.*, 2003; Quaglietta *et al.*, 2008)、昆虫 (Maes *et al.*, 2006; Norris, 2008) 等动物类群。

由于直接研究法收集数据是研究者通过亲自跟踪动物而获得信息的过程。因而跟踪过程中除了能收集到动物的分布数据外,还能收集到有关动物年龄、性别、身体状况等的其他详细信息 (Albernaz, 1997)。因此,该方法收集的数据内容全面且精确 (Msoffe *et al.*, 2007)。

但是,野外工作常受到天气、环境、动物活动规律等因素的影响,采用直接观察法往往会给研究工作带来诸多不便 (刘丙万,蒋志刚, 2002; Hekkala *et al.*, 2007)。野生动物天生的躲避和藏匿行为使得野外观察很困难 (唐继荣等, 2001)。即便观察到也会因为动物未习惯化而导致结果存在误差。如还未习惯化的大猩猩 *Gorilla gorilla* 见到研究者通常会逃走,结果可能导致过高估计大猩猩的每日移动距离和活动范围 (Cipolletta, 2003)。对于一些稀有物种或活动范围广的动物 (如虎鲸 *Orcinus orca* 等),因为发现率低和跟踪上的困难使得野外获取的数据量小于抽样的要求,给数据的收集和统计分析带来了许多困难 (Heithaus *et al.*, 2001; 刘丙万,蒋志刚, 2002; Cipolletta, 2003)。此外,由于野外条件艰苦,加上人力物力的限制,大范围的生境研究工作无法通过直接研究法长期开展 (赵怀德等, 2006)。并且有时直接观察法开展的时间、范围还会受地区或国家动荡不安 (例如非洲中部国家) 的因素影响 (Krasnov & Mazar, 2001; Hughes, 2003)。夜间能见度低,直接观察法对夜行性动物基本上也无法进行观察 (Lowe *et al.*, 2003)。因而,直接研究法对昼行性动物的观察十分有效,不适用于夜行性动物和生存环境恶劣的动物 (肖治术,张知彬, 2003)。

1.2 间接研究法

间接研究法,即通过间接手段获取动物及其分布的信息,包括追踪定位技术 [即痕迹法、访查法、无线电遥测技术、卫星遥测技术和 GPS (Global Position System) 追踪技术]、自动感应照相系统监测法等。

1.2.1 痕迹法 痕迹调查法包括对足迹、刨痕、气味标记 (嗅迹)、尿迹、粪便、爪痕、毛发 (DNA 分析)、卧迹、食物残渣等的调查。痕迹法是早期生境研究中常用的方法之一,现广泛应用于动物的分布、相对丰度和绝对丰度等研究中 (Zuberogitia *et al.*, 2006)。

痕迹法不需要见到动物实体,操作简单,对动物没有伤

害、花费较少,且痕迹的发现率受植被和动物行为等的影响较小。痕迹本身不移动,因此调查者有足够的观察和记录时间,在调查隐蔽性动物时有明显的优势 (Beier & Cunningham, 1996; 唐继荣等, 2001)。例如,黄秀美和简茨芸 (2007) 监测玉山国家楠溪林道较大哺乳动物时发现野猪 *Sus scrofa* 拱痕显示在此区域的活动似乎远比目击记录高。

但是当多种亲缘种类同域分布时,很难区分痕迹的种类;痕迹产生时间完全依靠个人经验来判断,主观性强;换算系数因生境、食物、季节的不同而变化等因素必然导致结果较大的偏差 (Wilson *et al.*, 1996; 唐继荣等, 2001)。并且动物的行为、活动习性以及生境利用模式、季节变化等皆可能影响通过痕迹获取的结果 (Stander, 1998; Wilson & Delahay, 2001)。如夏天的高温多雨季节可能导致排遗记录偏低 (黄秀美,简茨芸, 2007)。因此,动物习性、环境的季节性变化,以及调查者之间的调查方法和标准不一可能使得调查数据的品质不均匀 (Stander, 1998; Wilson & Delahay, 2001; Silveira *et al.*, 2003)。

痕迹法可用于收集所有动物的信息,尤其对很难直接观察到的野生动物非常有效 (Rabinowitz, 1993)。对于食草动物,利用痕迹法中的粪样进行研究的效果也较好 (Schaefer *et al.*, 1996)。

1.2.2 访查法 访查法是指向特定生境内或生境周围常住人员收集该地区野生动物的分布情况的方法,包括直接询问、问卷调查和其他等方式 (Rabinowitz, 1993; Xu *et al.*, 2007)。

访查法无需研究者亲自追踪动物即可获取信息,它成本低、操作简单,并且较少受外界因素影响。只需作简单的访查即可指示正确的工作方向和在野外要注意的问题,帮助解释所观察到的动物的数量和分布的变化等现象。例如, Xu 等 (2007) 在新疆托木尔峰国家级自然保护区调查北山羊 *Capra ibex* 分布时,在其中的两个峡谷没有发现北山羊,但是访问结果与实际调查相悖,因而建议深入调查此地的分布情况。另外,访查法还能获得其他方法难以得到的某些数据,如人类定居、土地利用方式和野生动物存在的历史等 (Rabinowitz, 1993)。

但是,访查中人们的描述和认识无标准可循,大大降低了结果的准确度。Msoffe 等 (2007) 在比较各类调查法时也发现:直接观察法的结果与访查法的结果不一致,认为访查法不能代替直接研究法。因此,该方法的调查结果一般只用于预测动物的分布或避免实际调查数据的遗漏,进而确定实地研究的范围、检验实际研究结果 (Kahurananga, 1981; Xu *et al.*, 2007)。另外,由于访查法必须有对象的参与,因而在人烟稀少的地方访查法可操作性不大。

1.2.3 追踪定位技术 追踪定位技术包括无线电遥测技术、卫星遥测技术和 GPS 追踪技术。利用追踪定位技术追踪动物无需亲自追踪即可快速完成定位,这样不仅提高了有效研究时间 (Campbell & Sussman, 1994; Hulbert, 2001),还可避免动物对研究者的胆怯 (除去捕捉时),有效地减少了未习惯化动物逃跑的距离 (Jones & Bush, 1988; Campbell & Sussman, 1994; Gursky, 1998; Rasmussen, 1998)。在可视度不

高的生境条件下,追踪定位技术尤其适用(Honess & Macdonald, 2003)。

无线电遥测技术(Radio Telemetry) 野生动物的无线电遥测技术是指通过接收器收集来自活动自由的动物身上的发射机发出的信息的过程(Resources Inventory Committee, 1998)。自 20 世纪 50 年代野生动物无线电追踪设备的发明至今(马建章等, 1999),该项技术已广泛应用于各类动物的研究(Gillingham & Bunnell, 1985; Anderka, 1987; Mauser & Jarvis, 1991; Secor, 1994; Trenham & Shaffer, 2005)。其中,研究动物生境利用最常用的无线电追踪系统为甚高频追踪系统(Very High Frequency, VHF)。VHF 信标具有低成本、电池寿命长、轻便(较 GPS 信标质量小很多)等优点,从而可满足对动物的长期定位追踪需求,且适用研究的对象较广。

但是, VHF 信标无法自动收集和储存数据,必须靠研究者寻找才能对动物进行有效的定位,一定程度上增加了研究的经济和时间成本(Hernandez *et al.*, 1998; Hulbert, 2001); 且信标和观察者可能影响动物的行为,进而影响对动物生境利用的评估(Golabek *et al.*, 2008)。地形(Haller *et al.*, 2001)、电离层不反射 VHF 信号(Karesh *et al.*, 1998)等环境因素增加了系统定位误差或缺失数据的概率,从而减少了有效数据量(Trenham & Shaffer, 2005)。例如 Haller 等(2001)在研究蹄类时由于当地地形条件恶劣,仅有 66% 的有效定位数据,其信标的角度误差大约为 30°。此外, VHF 信标在使用过程中容易出现故障,增加了数据丢失和成本浪费的风险(Albernaz, 1997)。

VHF 追踪系统不适用于每日移动距离太大或长距离迁徙动物的研究(White & Garrott, 1986; Samuel & Kenow, 1992)。对于长距离迁徙动物的研究,采用 VHF 最大的问题是三点定位的不准确性(De Melo *et al.*, 2007)。例如 de Melo 等(2007)在研究鬃狼 *Chrysocyon bruchyurus* 时发现 VHF 的三点定位追踪方式对每日移动距离大的动物测量不准确;另外有报道称在研究狼 *Canis lupus* 时定位点的平均误差 > 200 m, 这种结果的误差最终将导致评估生境利用时存在高误差(Garshelis, 2000; Theuerkauf & Jedrzejewski, 2002)。由于受信标重量的限制, VHF 追踪定位应用于小型动物(如昆虫等)时可能也会导致结果的误差较大(Riecken & Rath, 1996)。考虑到需对动物进行跟踪, VHF 信标通常不用于夜间追踪动物(Gordon, 2001)。

卫星遥测技术(Satellite-telemetry) 卫星遥测技术是将平台发射终端固定于动物身上并向卫星传送超高频信号,当卫星经过研究动物的上空时传感器接收到发射机传来的信号后将信号传送到地面接收站的处理中心,经过计算机处理得到动物位置的经纬度、高度以及动物的温度等信息的一种技术(关鸿亮, 通口广芳, 2000; Rodgers, 2001)。卫星遥测技术第一次用于跟踪野生动物始于 20 世纪 70 年代后期(Buechner, 1971)。而由于发射器重量的限制,它仅在大型动物上有使用。

利用卫星遥测技术追踪动物无需研究者到野外,即可通过互联网将数据下载到计算机上。利用它追踪野生动物,尤其是隐蔽性高的动物,能有效地节约野外研究的时间(T4cd,

2007)。对于某些生活在观察受限区域(如远离海岸)以及恶劣气候环境中(如冬天的南极洲)的野生动物,采用卫星遥测可较好地完成数据的收集(Ancel *et al.*, 1992)。随着技术的改进,较 GPS 信标的发射机,卫星遥测在重量等方面更能满足迁徙鸟类等物种的研究需求(关鸿亮, 通口广芳, 2000)。

卫星遥测技术适用于追踪活动范围广的物种(如非洲野狗),以及迁徙鸟类和海洋哺乳动物(Gorman *et al.*, 1992)。不适用于小空间尺度的生境或小范围生境利用的研究(T4cd, 2007)。不过,卫星遥测技术的费用较高、电池使用寿命短且跟踪精度低于 VHF 追踪技术和 GPS 追踪技术;加上卫星遥测技术只适用于个体水平的研究,还不大可能适用于种群水平上的研究,一定程度上限制了它的推广使用(关鸿亮, 通口广芳, 2000; T4cd, 2007)。因而,实际工作中应尽可能避免选择这种方式。

GPS 追踪技术(GPS Tracking) GPS 是一种使用者能对地球表面准确定位的卫星导航定位系统(Milla *et al.*, 2005)。GPS 信标自 1994 年第一次固定在动物身上用于追踪定位开始,迅速为人们所接受,现已广泛应用于多种动物(Anderson, 2001)。

GPS 追踪技术具有高采样率、高定位精确度和高准确度的特点(Haller *et al.*, 2001)。利用它研究者无需到野外追踪动物,就能通过 SMS(Short Messaging Entity) 信息或网际协议获取定位数据(Schulte & Fieitz, 2001)。并且它可在任何天气条件获得动物定位的数据,可全天候收集大量数据而不会干扰动物,评估生境利用时能轻松地满足样本大小的需求。其定位成功率一般能达到 90% 以上(Rumble *et al.*, 2001)。另外, GPS 信标的数据还可直接下载到电脑并通过 GIS 绘制成三维图,提高了数据的使用价值,并减少了人为操作的失误(Rodgers, 2001; 郑祥等, 2003)。

但是 GPS 信标在前期购买及后期数据收集时均需要支出较大的费用,因此无法有效用于经费有限的研究项目。并且 GPS 技术作为一种新技术,存在着许多潜在的技术问题(Coelho *et al.*, 2008)。如在植被盖度大或无卫星信号的地方使用时很难定位或无法定位,造成了结果的偏差(Hulbert, 2001; Rumble *et al.*, 2001)。而这会导致评价同一物种对不同生境利用时存在误差(Rumble *et al.*, 2001)。例如 Moen 等(1996)在研究麋鹿 *Elaphurus davidianus* 时发现很难对高植被盖度下的麋鹿进行定位。此外, GPS 信标的电池寿命较短、信标较重、存储量小等限制,适用的研究对象较少(Rodgers, 2001)。GPS 追踪技术于开阔的地形且植被盖度低的地方使用效果更佳(Hulbert, 2001)。因而,该技术适用于大尺度范围活动和夜行性动物(Rumble *et al.*, 2001),不适用于研究穴居动物或者生活在茂盛丛林地带的动物。

1.2.4 自动感应照相系统监测法(Camera Trapping) 自动感应照相系统监测法即以红外线传感器感应移动物体,然后启动照相机对焦拍照。自动感应照相系统最早出现在 20 世纪 60 年代,但是直到 20 世纪 80 年代末它的技术成熟后才被广泛应用于野外调查(马鸣, 徐峰, 1996; Karanth & Nichols, 1998; Cutler & Swann, 1999)。

对于稀有动物的空间分布模式、种群数量、行为及其生

存环境的评估,利用自动感应照相系统比传统的研究方法更为有效 (Shek, 2003; Jácomo *et al.*, 2004; Shek & Wan, 2006; Bowkett *et al.*, 2007)。如马鸣和徐峰 (2006) 利用自动感应照相系统得到了新疆天山托木尔峰自然保护区内的雪豹 *Panthera uncia* 的个体数量数据。由于大部分野生兽类为夜行性或晨昏活动的动物,观察往往很困难,运用自动感应照相系统较容易获得数据 (Rovero *et al.*, 2005; Bowkett *et al.*, 2006)。

但是,由于自动感应照相系统用于研究生境利用时必须要在较大范围内有一定数量相机布设才能得到具有统计学价值的资料,否则会影响了调查结果的可靠性 (Wilson & Delahay, 2001)。并且由于其使用条件严苛,如低温、大风、潮湿等恶劣环境条件可能使自动感应相机系统的感应器灵敏度降低、电池寿命缩短等故障的发生,影响了自动感应照相系统的正常工作 (Jackson *et al.*, 2005; 马鸣,徐峰, 2006),进而可能导致成本的增高或降低结果的可靠性。另外,由于自动感应照相系统所捕获的对象没有选择性,并且有时拍摄到的照片是空画面或者只是动物局部 (如动物的尾巴),造成了物种识别或统计分析上的困难性 (Jackson *et al.*, 2005; 马鸣,徐峰, 2006)。另外,自动感应照相系统是利用红外线感应的一种工具,因而它只限于“温暖”的动物 (如:哺乳类、鸟类以及一些阳光照射着的爬行类) 的研究 (Shek *et al.*, 2007)。由于自动感应照相系统监测法的成本很高,目前较少人选用这种方式研究生境 (马鸣,徐峰, 2006),但 Bowkett 等 (2007) 认为自动感应照相系统监测法是保护管理和研究动物生境利用模式的潜在手段。随着技术的发展,可以考虑将自动感应照相系统用于研究动物的生境利用,尤其是对于稀有动物生境利用的研究 (马鸣,徐峰, 2006)。

2 讨论

动物生境选择的研究是通过研究动物在生境中的分布模式也即生境利用与环境特征之间的关系来实现的,所以动物生境利用数据的可靠性取决于动物生境利用信息和环境特征信息的准确性。其中,环境特征数据的收集方法主要有实地考察法和“3S”技术考察法两种。实地考察法即研究者实地采集与研究动物有关的生境类型及其相关的数据,包括样点法、样线法和十字象限法等 (National Reaserch council committee on Nonhuman, 1981; Ganzhorn, 2003)。该方法可直接获得生物 (如植被类群、树种年龄、树冠大小等) 以及非生物 (如温度、光照、湿度等) 信息,因而信息较全面 (Zabel *et al.*, 1995)。由于各方面的限制,利用实地考察法通常很难完成对大范围环境特征数据的收集,尤其是在地形崎岖、人无法到达的地方可操作性更小 (赵怀德等, 2006)。近年来,随着“3S”技术,即遥感 (RS: Remote Sensing)、地理信息系统 (GIS: Geographic Information System)、全球定位系统 (GPS) 及其相关技术的迅速发展 (刘丙万,蒋志刚, 2002),这些难题也逐渐得到了解决。对于动物生境利用信息数据的收集方法,研究者们也做过一些改进,如:直接研究法与追踪定位技术相结合、直接研究法与痕迹法相结合、直接研究法与访查法相结合等 (Schaefer *et al.*, 1996; Fischhoff *et al.*, 2007; Xu

et al., 2007)。有些在间接研究法之间相结合,如 Hernandez 等 (1998) 研究牛群时在无线电追踪无法操作的地带用痕迹法来补充收集数据。尽管这些尝试使各种研究方法取长补短,促进了方法的优化,但是由于这样的尝试都只是用一种方法去弥补或校正另外一种方法的结果,因而改进效果并不明显。例如,直接研究法与访查法相结合,访查法主要用于指示和验证直接研究法或补充数据等,但直接研究法成本高的劣势并没有因此而改变 (Rabinowitz, 1993)。

3 展望

当前的生物多样性保护工作重点集中在生物多样性热点地区,而就全球而言,生物多样性高且需要保护的地区往往都处于偏远和贫穷的地方 (Scherr, 2003)。1996 年,生物多样性公约缔约国第三次会议在阿根廷首都布宜诺斯艾利斯召开,许多发展中国家认为缺乏相关的技术和资金对本国生物多样性资源进行查明、监测、管理和评估。Danielsen 等 (2003) 认为,由于项目设计和资金技术的问题,全球很多保护项目难以为继。Achard 等 (2002) 指出,建立高效率保护管理技术手段对生物多样性保护十分必要。总之,当前的保护管理工作以及以保护工作为目的的研究工作都面临着资金技术不足的困境,尤其是发展中国家。生境利用是生物多样性保护和管理的基礎工作,因此,建立一套低成本,高准确性的动物生境利用研究手段是今后发展的方向和应重点攻关的难题,它是提高保护项目的效率并明显增加保护管理工作可持续性的重要的科学创新点。

4 参考文献

- 关鸿亮, 通口广芳. 2000. 卫星跟踪技术在鸟类迁徙研究中的应用及展望 [J]. 动物学研究, 21 (5): 412 ~ 415.
- 黄秀美, 简荧芸. 2007. 玉山国家楠溪林道较大型哺乳动物之监测 [J]. 台湾林业科学, 22 (2): 135 ~ 147.
- 刘丙万, 蒋志刚. 2002. 粪样在野生动物研究中的作用 [J]. 动物学研究, 23 (1): 71 ~ 76.
- 马建章, 罗理扬, 邹红非. 1999. 无线电跟踪技术在美国的应用情况与未来发展趋势 [J]. 野生动物, (2): 30 ~ 31.
- 马鸣, 徐峰. 2006. 利用自动照相技术获得天山雪豹拍摄与个体数量 [J]. 动物学报, 52 (4): 788 ~ 793.
- 唐继荣, 徐宏发, 徐正强. 2001. 鹿类动物数量调查方法探讨 [J]. 兽类学报, 21 (3): 221 ~ 229.
- 肖治术, 张知彬. 2003. 食果动物传播种子的跟踪技术 [J]. 生物多样性, 11 (3): 248 ~ 255.
- 赵怀德, 叶新平, 雍严格, 等. 2006. GIS 在野生大熊猫种群监测分析中的应用 [J]. 陕西师范大学学报, 34: 168 ~ 173.
- 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明. 2003. GIS 在野生动物空间分布格局研究中的应用 [J]. 四川动物, 22 (4): 277 ~ 280.
- Achard F, Eva HD, Stibig HJ, *et al.* 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests [J]. Science, 297: 999 ~ 1002.
- Albernaz ALKM. 1997. Home range size and habitat use in the black lion tamarind (*Leontopithecus chrysopygus*) [J]. International Journal of primatology, 18 (6): 877 ~ 886.
- Ancel A, Gendner JP, Lignon J, *et al.* 1992. Satellite radiotracking of

- emperor penguins walking on sea-ice to reefed at sea [A]. In: IG Priede, SM Swift, eds. *Wildlife Telemetry: Remote Monitoring and Tracking of Animals* [M]. New York: Ellis Horwood; 201 ~ 202.
- Anderka FW. 1987. Radio telemetry techniques for furbearers [C]. *Wild Furbearer Management and Conservation in North America* Min of Nat Resources, Ont: 216 ~ 227.
- Anderson DM. 2001. Virtual fencing-a prescription range animal management tool for the 21st century [C]. An international conference held at Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march 2001: 85 ~ 87.
- Beier P, Cunningham SC. 1996. Power of track surveys to detect changes in cougar population [J]. *Wildlife Bulletin*, 24: 540 ~ 546.
- Block WM, Brenna LA. 1993. The habitat concept in ornithology: Theory and applications [J]. *Current Ornithology*, 11: 35 ~ 91.
- Bowkett AE, Lunt N, Rovero F, et al. 2006. How do you monitor rare and elusive mammals? Counting duikers in Kenya, Tanzania and Zimbabwe [A]. In: *Animals, Zoos and Conservation* (Eds E Zgrabczynska, PC wiertnia, J Ziomek) [M]. Zoological Garden in Poznan, Poland.
- Bowkett AE, Rovero F, Marshall AR. 2007. The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, - Tanzania [J]. *African Journal of Ecology*, 46(4): 479 ~ 487.
- Buechner HK, Craighead FC, Craighead JJ, et al. 1971. Satellites for research on free-roaming animals [J]. *BioScience*, 21: 1201 ~ 1205.
- Campbell AF, Sussman RW. 1994. The value of radio tracking in the study of neotropical rainforest monkeys [J]. *American Journal of Primatology*, 32: 291 ~ 301.
- Caughley G. 1994. Directions in conservation biology [J]. *Journal of Animal Ecology*, 63: 215 ~ 244.
- Cipolletta C. 2003. Ranging Patterns of a Western Gorilla group during habituation to humans in the Dzanga-Ndoki National Park, Central African Republic [J]. *International Journal of Primatology*, 24(6): 1207 ~ 1266.
- Coelho CM, De Melo LFB, Sábato MAL, et al. 2008. Habitat Use by Wild Maned Wolves (*Chrysocyon brachyurus*) in a transition zone environment [J]. *Journal of Mammalogy*, 89(1): 97 ~ 104.
- Cutler TL, Swann DE. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review [J]. *Wildlife Society Bulletin*, 27: 571 ~ 581.
- Danielsen F, Mendoza MM, Alviola P, et al. 2003. Biodiversity monitoring in developing countries: what are we trying to achieve? [J]. *Oryx*, 37(4): 1 ~ 3.
- De Melo LFB, Sabato MAL, Magni EMV, et al. 2007. The secret lives of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus* Illiger 1815): as revealed by GPS tracking collars [J]. *Journal of Zoology (London)*, 271: 27 ~ 37.
- Dice LR, Clark PJ. 1953. The statistical concept of home range as applied to the recapture radius of the deer mouse (*Peromyscus*) [J]. *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology*, 62: 1 ~ 15.
- Dunstone N, Gorman ML. 1998. Behaviour and ecology of riparian mammals [M]. *Zoological Society of London*: 361 ~ 363.
- Fischhoff IR, Sundaesana SR, Cordingley J, et al. 2007. Habitat use and movements of plains zebra (*Equus burchelli*) in response to predation danger from lions [J]. *Behavioral Ecology*, 18(4): 725 ~ 729.
- Ganzhorn. 2003. Habitat description and phenology [A]. In: Setchell JM, Curtis DJ (eds.). *Field and laboratory methods in primatology* [M]. Cambridge: Cambridge University Press; 40 ~ 56.
- Garshelis DL. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection, and importance in research techniques in animal ecology: controversies and consequences [M]. New York: Columbia University Press: 111 ~ 164.
- Gilchrist HG, Robertson GJ. 1999. Observations of marine birds and mammals wintering at polynyas and ice edges in the Belcher islands, Nunavut, Canada [J]. *Arctic*, 53(1): 61 ~ 68.
- Gillingham MP, Bunnell FL. 1985. Reliability of motion-sensitive radio collars for estimating activity of black-tailed deer [J]. *Journal of Wildlife Management*, 49(4): 951 ~ 958.
- Golabek KA, Jordan NR, Clutton-Brock TH. 2008. Radiocollars do not affect the survival or foraging behaviour of wild meerkats [J]. *Journal of Zoology*, 274: 248 ~ 253.
- Gordon LJ. 2001. Foreword, an international conference held at Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march 2001, pp.iii.
- Gorman ML, Mills MGL, French J. 1992. Satellite tracking of the African wild dog *Lycaon pictus* [A]. In: *Wildlife telemetry: Remote monitoring and tracking of animals* (Ed IG Priede & SM Swift) [M]. London: Ellis Horwood.
- Grinnell. 1917. Field tests of theories concerning distributional control [J]. *American Naturalist*, 51: 115 ~ 128.
- Gursky S. 1998. Effect of radio transmitter weight on a small nocturnal primate [J]. *American Journal of Primatology*, 46: 145 ~ 55.
- Hall LS, Krausman PR, Morrison ML. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology [J]. *Wildlife Society Bulletin*, 25: 173 ~ 182.
- Haller R, Filli F, Imfeld S. 2001. Evaluation of GPS technology for tracking mountain ungulates: VHF transmitters or GPS collars? [C]. An international conference held at Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march: 61.
- Harris VT. 1952. An experimental study of habitat selection by prairie and forest races of the deer mouse, *Peromyscus maniculatus* [J]. *Contributions from the laboratory of vertebrate biology* No. 56. University of Michigan, Ann Arbor.
- Hashimoto C, Tashiro Y, Kimura D, et al. 1998. Habitat use and ranging of wild Bonobos (*Panpaniscus*) at Wamba [J]. *International Journal of Primatology*, 19(6): 1045 ~ 1060.
- Hayne DW. 1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations [J]. *Journal of Wildlife Management*, 13: 145 ~ 157.
- Heithaus MR, Marshall GJ, Buhleier BM, et al. 2001. Employing Crittercam to study habitat use and behavior of large sharks [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 209: 307 ~ 310.
- Hekkala ER, Rakotondratsima M, Vasey N. 2007. Habitat and distribution of the ruffed lemur, *Varecia*, north of the bay of Antongil in northeastern Madagascar [J]. *Primate Conservation*, <http://portal.conservation.org/portal/server.pt/gateway/PTARGS0122818112740018/
- Hernandez L, Barral H, Salvador SC. 1998. Are seats and radiotelemetry data similar indicators of habitat use? [J]. *Acta Zoologica*, 75: 117 ~ 123.
- Honess PE, Macdonald DW. 2003. Marking and radio-tracking primates [A]. In: Setchell JM, Curtis DJ (eds.). *Field and laboratory methods in primatology* [M]. Cambridge: Cambridge University Press; 158 ~ 173.

- Hughes K. 2003. The global positioning system, geographical information systems and remote sensing[A]. In: Setchell JM, Curtis DJ (eds.). Field and laboratory methods in primatology[M]. Cambridge: Cambridge University Press; 57 ~ 73.
- Hulbert LAR. 2001. GPS and its use in animal telemetry: the next five years[C]. An international conference held at Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march 2001; 51.
- Hutto RL. 1985. Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds [A]. In: Cody ML. Habitat Selection in Birds[M]. Orlando, Florida: Academic Press; 455 ~ 476.
- Jackson RM, Roe JD, Wangchuk R, et al. 2005. Surveying snow leopard populations with emphasis on camera trapping: a handbook[M]. The snow leopard Conservancy, Sonoma, California; 1 ~ 97.
- Jácomo ATA, Silveira L, Diniz-Filho JAF. 2004. Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vetulus*) in central Brazil [J]. Journal of Zoology, 262; 99 ~ 106.
- Jones J. 2001. Habitat selection studies in avian ecology: a critical review [J]. The Auk, 118(2); 557 ~ 562.
- Jones WT, Bush BB. 1988. Darting and marking techniques for an arboreal forest monkey, *Cercopithecus* [J]. American Journal of Primatology, 14; 83 ~ 89.
- Kahurananga J. 1981. Population estimates, densities and biomass of large herbivores in Simanjiro Plains, Northern Tanzania [J]. African Journal of Ecology, 19(3); 225 ~ 238
- Karanth KU, Nichols JD. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures[J]. Ecology, 79(8); 2852 ~ 2862.
- Karesh WB, Wallace RB, Painter RLE, et al. 1998. Immobilisation and health assessment of free-ranging black spider monkeys (*Ateles paniscus chamek*) [J]. American Journal of Primatology, 44; 107 ~ 123.
- Krasnov BR, Mazor E. 2001. The Makhteshim country: a laboratory of nature: geological and ecological studies in the desert region of Israel [M]. Pensoft publishers; 10.
- Krausman PR. 1999. Some basic principles of habitat use. Paper presented in: Grazing Behavior of Livestock and Wildlife. Idaho Forest, Wildlife and Range Exp[J]. Sta Bull, 70; 85 ~ 90
- Lack D. 1933. Habitat selection in birds with special reference to the effect of afforestation on the Breckland avifauna[J]. Journal of Animal Ecology, 2; 239 ~ 262.
- Lowe CG, Topping DT, Cartamil DP, et al. 2003. Movement patterns, home range, and habitat utilization of adult kelp bass *Paralabrax clathratus* in temperate no-take marine reserve[J]. Marine ecology progress series, 256; 205 ~ 216, 256.
- Maes D, Chesquiere A, Logie M, et al. 2006. Habitat use and mobility of two threatened coastal dune insects: implications for conservation [J]. Journal of insect conservation, 10; 105 ~ 115.
- Mauser DM, Jarvis RL. 1991. Attaching radio-transmitters to 1-day-old ducklings[J]. Journal of Wildlife Management, 55(3); 488 ~ 491.
- McPeck MA. 1996. Trade-offs, food web structure, and the coexistence of habitat specialists and generalists[J]. American Naturalists, 148; s124 ~ s138.
- Milla KA, Lorenzo A, Brown C. 2005. GIS, GPS, and Remote Sensing Technologies in Extension Services: Where to Start, What to Know [J]. Journal of Extension[On-line], 43(3). Article 3FEA6. Available at: <http://www.joe.org/joe/2005june/a6.shtml>.
- Ministry of Enviroment, Lands and Parks. 1998. Standards for components of British columbia's biodiversity No.5[M]. Resources Inventory Committee, the Province of British Columbia; 1 ~ 118.
- Moen R, Pastor JJ, Cohen Y, et al. 1996. Effect of moose movement and habitat use on GPS collar performance[J]. Journal of Wildlife Management, 60; 659 ~ 668.
- Morris DW. 2003. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection[J]. Oecologia, 136; 1 ~ 13.
- Msoffe F, Mturi FA, Galanti V, et al. 2007. Comparing data of different survey methods for sustainable wildlife management in hunting areas: the case of Tarangire-Manyara ecosystem, northern Tanzania[J]. European Journal of Wildlife Research, 53(2); 112 ~ 124.
- Nams VO. 1989. Effects of radiotelemetry error on sample size and bias when testing for habitat selection[J]. Canadian Journal of Zoology, 67; 1631 ~ 1636.
- National Reaserch council committee on Nonhuman. 1981. Techniques for the study of primate population ecology[M]. National Academy Press, Washington DC; 1 ~ 233.
- Norris AR. 2008. Mountain pine beetle presence affects nest patch choice of red-breasted nuthatches [J]. Journal of Wildlife Management, 72(3); 733 ~ 737.
- Petorelli N, Durant SM. 2007. Longevity in cheetahs: the key to success? [J]. Oikos, 116; 1879 ~ 1886.
- Quaglietta L, António Mira, Luigi Boitani. 2008. On an ongoing project on the behavioural ecology of the Eurasian Otter (*Lutra lutra*) in Southern Portugal[C]. Fourth Meeting, Ecology and Behaviour; 55.
- Rabinowitz A. 1993. Wildlife field research and conservation training manual[M]. Paul-Art Press, Inc.
- Ramachandran KK, Joseph GK. 2000. Habitat utilization of lion-tailed macaque(*Macaca silenus*) in silent valley national park. Kerala. India [J]. Primate Report, 58; 17 ~ 25.
- Rasmussen K. 1998. Changes in the range use of Geoffroy's tamarins (*Saguinus geoffroyi*) associated with habituation to observers[J]. Folia Primato, 69(3); 153 ~ 159.
- Regosin JV, Windmiller BS, Reed JM. 2003. Terrestrial habitat use and winter densities of the wood frog (*Rana sylvatica*) [J]. Journal of Herpetology, 37(2); 390 ~ 394.
- Reunanen P, Monkkonen M, Nikula A. 2002. Habitat requirements of the Siberian flying squirrel in northern Finland: comparing field survey and remote sensing data[J]. Annales Zoologici Fennici, 39; 7 ~ 20.
- Riecken U, Raths U. 1996. Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* [J]. Annales Zoologici Fennici, 33; 109 ~ 116.
- Rodgers AR. 2001. Tracking animals with GPS; The first 10 years[C]. An international conference held at Macaulay land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march 2001; 1 ~ 10.
- Rovero F, Jones T, Sanderson J. 2005. Notes on Abbott's duiker (*Cephalophus spadix* True 1890) and other forest antelopes of Mwanihana Forest, Udzungwa Mountains, Tanzania, as revealed from camera-trapping and direct observations[J]. Tropical Zoology, 18; 13 ~ 23.
- Rumble MA, Benkobi L, Lindzey F, et al. 2001. Evaluating elk habitat interactions with GPS collars[C]. An international conference held at

- Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march; 11.
- Saab V. 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests a hierarchical analysis[J]. *Ecological Application*, 9 (1): 135 ~ 151.
- Samuel MD, Kenow KP. 1992. Evaluating habitat selection with radio-telemetry triangulation error[J]. *The Journal of Wildlife Management*, 56 (4): 725 ~ 734.
- Schaefer JA, Stevens SD, Messier F. 1996. Comparative winter habitat use and associations among herbivores in the high arctic[J]. *Arctic*, 49 (4): 387 ~ 391.
- Scherr. 2003. Hunger, poverty and biodiversity in developing countries [M]. A paper for the Mexico Action Summit, Mexico City, Mexico.
- Schulte R, Fieitz U. 2001. High performance GPS collars, use of the latest available technology [C]. An international conference held at Macaulay Land use research institute Aberdeen, 12 ~ 13 march; 97.
- Secor SM. 1994. Ecological significance of movements and activity range for the sidewinder, *Crotalus cerastes* [J]. *Copeia*, 631 ~ 645.
- Shek CT, Chan CSM, Wan YF. 2007. Camera trap survey of Hong Kong terrestrial mammals in 2002-06 [J]. *Hong Kong Biodiversity*, 15: 1 ~ 16.
- Shek CT, Wan YF. 2006. Effectiveness of animal crossing at Route 3 by camera trapping [J]. *Hong Kong Biodiversity*, 12: 8 ~ 10.
- Shek CT. 2003. Survey of Hong Kong non-flying mammals by camera trapping in 2002 [J]. *Hong Kong Biodiversity*, 5: 10 ~ 11.
- Silveira L, Jacomo ATA, Diniz-Filho JAF. 2003. Camera trap, line transect and track surveys: a comparative evaluation [J]. *Conservation Biology*, 114: 351 ~ 355.
- Stamps JA, Swaisgood RR. 2007. Someplace like home: Experience, habitat selection and conservation biology [J]. *Applied Animal Behaviour*, 102(3): 392 ~ 409.
- Stander PE. 1998. Spoor counts as indices of large carnivore populations: the relationship between spoor frequency, sampling effort and true density [J]. *Journal of Applied Ecology*, 35: 378 ~ 385.
- T4cd. 2007. Introduction to tracking technology-GPS and GIS [R]. Technologies for Conservation and Development. < www.t4cd.org >.
- Theuerkauf J, Jedrzejewski W. 2002. Accuracy of radiotelemetry to estimate wolf activity and location [J]. *Journal of Wildlife Management*, 66: 859 ~ 864.
- Trenham PC, Shaffer HB. 2005. Amphibian upland habitat use and its consequences for population viability [J]. *Ecological Applications*, 15 (4): 1158 ~ 1168.
- White GC, Garrott RA. 1986. Effect of biotelemetry triangulation error on detecting habitat selection [J]. *Journal of Wildlife Management*, 50: 509 ~ 513.
- Wilson DE, Cole FR, Nichols JD, et al. 1996. Measuring and monitoring biological diversity standard methods for mammals [M]. *Biological diversity handbook series*: 409.
- Wilson GJ, Delahay RJ. 2001. A review of methods to estimate the abundance of terrestrial-carnivores using field signs and observation [J]. *Wildlife Research*, 18: 151 ~ 164.
- Xu F, Ma M, Wu YQ, et al. 2007. Distribution of the Ibex (*Capra ibex*) in Tomur National Nature Reserve of Xinjiang, China [J]. *Zoological Research*, 28(6): 670 ~ 672.
- Zabel CJ, McKelvey K, Ward JPJ. 1995. Influence of primary prey on home-range size and habitat-use patterns of northern spotted owls (*Strix occidentalis caurina*) [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 73: 433 ~ 439.
- Zuberogitia I, Zabla J, Martinez JA. 2006. Evaluation of sign survey and trap ability of American mink: management consequences [J]. *Folia Zoologica*, 55(3): 257 ~ 263.