

北京郊区居民一周时空间行为的日间差异

申 悦, 柴彦威, 郭文伯

(北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

摘要: 时空间行为是解读城市空间结构的重要视角。转型期中国城市居民的时空间行为呈现出复杂化、弹性化与个性化等趋势, 短期行为与长期行为的关系与作用机理亦成为关键研究问题。本研究基于北京市GPS调查获取的100位郊区居民的一周时空间行为数据, 采用三维可视化、描述性统计与方差分析的方法, 研究居民一周的时空路径和时间分配的日间差异。结果表明: 一周之内居民时空间行为在工作日与休息日之间的差异显著。工作日中, 周一的工作时间最长, 家外非工作活动的发生率及发生时间均较低; 周二至周四居民行为的差异性相对较小; 周五是工作日向休息日的过度时期, 居民具有较高的时间分配自由度。休息日之间居民的时间分配差异不显著。

关键词: GPS数据; 时空间行为; 日间差异; 时空路径; 周变化; 北京市

1 引言

随着人文地理学对人与社会关系研究的逐渐重视, 时空间行为已成为解读城市空间结构的重要视角^[1]。改革开放以来, 中国经历了社会、经济与城市空间的深刻变革, 居民的时空间行为模式也处在不断转变中^[2,3]。20世纪90年代以来, 国内学者就通勤^[4,5]、购物^[6,7]、休闲^[8,9]等内容对居民日常行为的时空规律及其决策机制进行了研究, 然而这些研究多关注居民一日内时空行为规律或工作日与休息日之间的差异, 而对更长时间尺度的居民时空行为特征及决策则鲜有涉足, 这主要是受到数据获取难易程度和学者研究意识的限制。在传统的时空间行为研究中, 大多采用活动日志或出行日志问卷调查获取数据^[10], 按照调查媒介可分为留置式、面对面式和电话式三种方式^[11]。但是, 无论何种方式, 获取长期时空行为数据的成本都较高, 样本选择、调查跟踪、问卷回收乃至整个调查过程实施的难度也就更大。另一方面, 从学者的研究意识看, 人们往往认为居民的时空行为在工作日与周末间存在明显差异, 工作日与休息日各一天的日志调查基本能够反应居民日常行为的时空规律与决策, 而较少关注周一至周五、周六与周日之间的差异。因此, 国内地理学界对于居民日常时空间行为的跟踪时间超过两天的问卷调查寥寥无几, 而超过两天的活动日志调查则处于空白。

国际上对于居民时空行为数据获取的跟踪时间尺度一直存在诸多争论。地理学与交通领域的时空行为理论与实证研究存在一个普遍假设, 即居民的日常行为模式主要是常规

收稿日期: 2012-06-15; 修订日期: 2012-12-22

基金项目: 2009年IBM共享大学研究项目; “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAJ05B00)课题(2012BAJ05B04); 国家自然科学基金项目(40801046); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20090001110054)

作者简介: 申悦(1987-), 女, 辽宁沈阳人, 博士研究生, 主要研究方向为城市社会地理学与行为地理学。

E-mail: shenyue0519@163.com

通讯作者: 柴彦威(1964-), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为时间地理学、社会地理学、城市与区域规划。E-mail: chyw@pku.edu.cn

的、惯常的,其活动与出行在短期内非常稳定,并且具有高度的重复性^[12]。尽管这个假设曾经得到过实证研究的证实^[13],并且也有学者认为,过于混杂的时空行为规律难以应用于相关政策制定^[14]。但是,随着长期活动移动日志调查在越来越多的国家和地区的实现,学者们开始关注居民的日间行为差异,该假设也受到了越来越多的挑战。

1984年,荷兰分别于3月和9月对20个自治区的1700多户家庭进行了2次为期1周的出行日志调查,形成了面板数据;1999-2000年,德国对300个居民进行了长达6周的活动与出行日志调查;2000年,美国对加州尔湾市的72个居民进行了一周活动行程安排与执行调查;2002年,加拿大分别对魁北克和多伦多市的250个和271个家庭进行了一周的活动安排与执行调查。基于这些中长期时空行为数据,通过实证研究,证明了居民的时空行为在不同日、不同周、不同季节之间存在差异,并且将这种差异的理解应用于城市规划、交通规划与相关政策制定之中^[15-18]。Hanson等将居民的行为变化分为系统的、可预测的变化,暂时性的、非重复发生的变化和长期的、结构性的变化^[19];Kitamura应用Hagerstrand的时间地理学^[20]以及Chapin的活动分析法^[21]理论,从时空棱柱顶点的变化探讨居民出行行为的变化^[22]。这些研究对于我国时空行为研究具有启发性。

1978年改革开放以来,中国城市范围与人口规模不断扩大,城市的空间结构变得越来越复杂,交通系统也越来越完善,居民的需求及其时空行为也呈现出多样化与个性化等特点。就北京市而言,城市交通系统与服务设施的完善、居民收入水平的增加使居民能够选择多样化的活动与出行方式;而交通拥堵、超长通勤等城市问题又促使居民通过各种途径提高出行效率,规避不必要的时间与金钱损失;弹性通勤、机动车尾号限行等政策也对居民行为造成了深刻影响。这些因素都使得居民的时空行为变得更加复杂、更加弹性、更加多变。国内学者若想更加全面、更加完整地了解居民的时空行为规律及其决策机理,日间差异就成为一个重要的研究视角。

但是,对于长期时空行为数据的获取,数据采集方法的创新降低了调查实施的难度。随着定位技术、信息与通信技术(ICT)的不断发展与广泛应用,基于GPS、GSM等定位技术的居民长期时空行为数据已被应用于时空行为研究中。国外已有不少基于GPS或手机通话数据对居民的长期活动、出行、通勤、旅游等行为以及日间差异的研究^[23-27]。国内方面,康朝贵等通过对具有时空信息的海量手机通话数据进行挖掘,总结了城市中居民移动的一般性模式,但未关注居民时空行为的日间差异^[28]。

本研究基于北京市GPS调查获取的100个郊区居民的一周时空行为数据,采用三维可视化、描述性统计与方差分析的方法,研究居民一周之内时空行为的日间差异。这一方面弥补了国内在一周时空行为规律研究中的空白,另一方面也为基于中长期数据的日常时空行为研究提供了中国案例,并能够折射出中国城市居民行为的复杂性,为中国城市模式的构建提供科学依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 调查方法及研究区情况

以北京为案例城市,于2010年7月对天通苑和亦庄两个社区进行抽样,采用位置感知设备、互动式调查网站、面对面及电话访谈相结合的方法,通过居委会及亦庄内的企业对两个社区各选取50个样本。每个样本需每天佩戴调查组发放的位置感知设备,并登陆调查网站,系统会对被调查者的活动与出行进行识别,被调查者登陆后可结合自己的轨迹填

写活动与出行信息。样本的调查时间为一周,调查内容包括居民的社会经济属性、居民一周的活动日志及GPS轨迹^[29,30]。

调查选取了北京市郊区的两个典型巨型社区,即天通苑与亦庄(图1)。天通苑调查区位于北五环与六环之间,以居住职能为主,附近有5号线和13号线两条轨道交通;亦庄调查区位于东南五环与六环之间,属于工业、商业、居住职能混合的新城,调查期间尚无轨道交通,公交站点相对稀疏。

2.2 数据处理与样本情况

将活动日志数据与GPS轨迹在ArcGIS中进行关联,首先选择较为完整、与轨迹能够准确对应的活动日志,再剔除有效日志数较少的样本,最终选择97个样本共计572人天的活动日志作为本文的基础数据库(表1、表2)。调查样本中男性略多于女性,平均年龄为36.66岁,83.5%的居民有北京户口,80%以上的居民拥有大专或以上学历,平均家庭小汽车数量为0.78辆,81.4%的居民拥有驾照,居民的平均住房面积是116.05 m²,平均职住距离是14.86 km。与天通苑调查区的样本居民相比,亦庄调查区的居民月收入及教育程度更高,平均家庭拥有小汽车数量更多,拥有驾照居民的比例也更高,平均住房面积更大,平均职住直线距离更长,居民间差异更大。在活动日志的有效性方面,周一至周四的有效日志相对较多,周五至周日的有效日志相对较少。

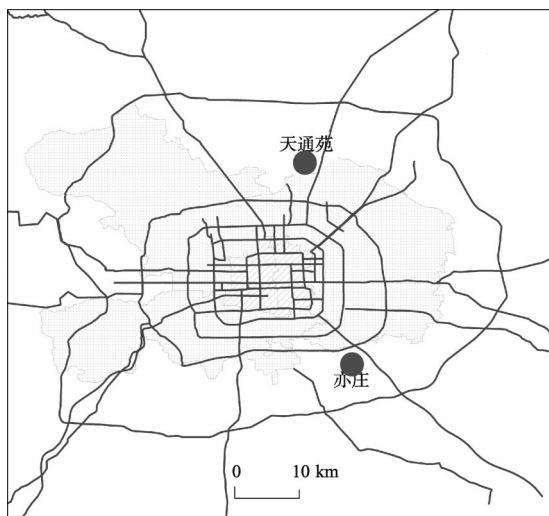


图1 北京市调查区的位置

Fig. 1 Locations of the survey areas in Beijing

3 居民的一周时空路径

时间地理学提供了在时空间整合的系统中进行居民活动模式分析的有效框架^[20],该框架在后续研究中被不断完善,并在三维GIS环境中得以实现^[31-33]。本文采用时间地理学的研究框架,基于GIS二次开发,以时间轴作为纵轴,对活动日志与GPS轨迹相关联的居民从周一至周日的行为时空数据在ArcScene中分别进行三维可视化,并利用不同颜色表示不同的活动类型(图2)。相比于传统基于活动日志的时空路径,基于GPS数据的时空路径在表达居民日常活动移动时空特征的同时,还能够以较高的时空精度详细地刻画居民移动的实际轨迹。本文中的时空路径刻画的是居民一周的日路径,纵轴时间的范围是0:00-24:00。

以周一的居民时空路径为例,早上0:00-5:00大部分居民均进行在家活动,从5:00起有少量居民开始出行,6:00-8:00为早通勤的高峰期,大多数居民在这段时期内有出行。8:00左右,居民们纷纷到达各自的就业地开始进行工作活动,中午12:00左右有少量居民有出行以及其他非工作活动,大多数居民工作至17:00,之后开始从工作地返回居住地。晚通勤持续时间相对较长,并且有部分居民在外进行了购物、休闲等活动后回到家中,21:00后大多数居民都回到了家中,直至24:00。

从一周的时空路径中可以看出,居民的时空路径在工作日与休息日是两种完全不同的模式。周一至周五的时空路径,清晰的体现出“在家—通勤—工作—通勤—在家”的整个

表 1 北京市 GPS 调查的样本属性
Tab. 1 Respondent characteristics of Beijing GPS survey

变量	天通苑 (n=48)	亦庄 (n=49)	合计 (n=97)
性别			
男性(%)	62.5	57.1	59.8
女性(%)	37.5	42.9	40.2
年龄(均值)	35.58	37.71	36.66
北京户口(%)	81.3	85.7	83.5
个人月收入			
2000 元及以下(%)	12.5	10.2	11.3
2001-4000 元(%)	45.8	24.5	35.1
4001-6000 元(%)	27.1	26.5	26.8
6000 以上(%)	14.6	38.8	26.8
教育程度			
高中及以下(%)	18.8	6.1	12.4
大学或大专(%)	68.8	77.6	73.2
研究生及以上(%)	12.5	16.3	14.4
家庭小汽车数量(均值)	0.52	1.02	0.78
驾照(%)	77.1	85.7	81.4
住房面积均值(m ²)	108.60	123.36	116.05
标准差(m ²)	39.48	61.00	51.76
职住直线距离均值(km)	13.62	16.08	14.86
标准差(km)	4.73	6.81	5.97

过程,整日活动主要围绕“工作”活动展开,具有早上 6:00-8:00、下午 17:00-21:00 的早晚两个通勤高峰,中间夹杂着中午午休时间或晚上下班后的少量购物、娱乐等活动。从周末的时空路径看,相当数量居民的周末活动围绕“在家”进行展开,居民们并没有形成统一的时间节奏,工作、购物、休闲、个人事务等活动分布在一天内的各个时段,居民的出行相对分散,出行距离差异较大,不少居民在家附近进行各类非工作活动,也有少量居民进行了较远距离的出行,以进行购物、休闲活动。

除了工作日与休息日居民时空行为模式的显著差异外,工作日的五天之间,休息日的两天之间居民活动的时空特征也存在一定差异,如周一的通勤开始较早,周五的通勤结束得较晚。

表 2 北京市 GPS 调查的有效活动日志
Tab. 2 Valid activity diaries of Beijing GPS survey

	天通苑	亦庄	总计
周一	41	39	80
周二	43	43	86
周三	41	43	84
周四	44	46	90
周五	37	41	78
周六	36	42	78
周日	37	46	83
总计	279	300	579

4 居民的一周活动时间分配及其日间差异

根据居民一周的活动日志,对于居民活动的时间分配进行统计。考虑到每天在家、出行、工作、购物等各类活动的发生率不同,为了增加活动时间平均值之间的可比性,本文在统计每天发生各类活动样本数的基础上,计算活动发生居民的活动平均时间与标准差,

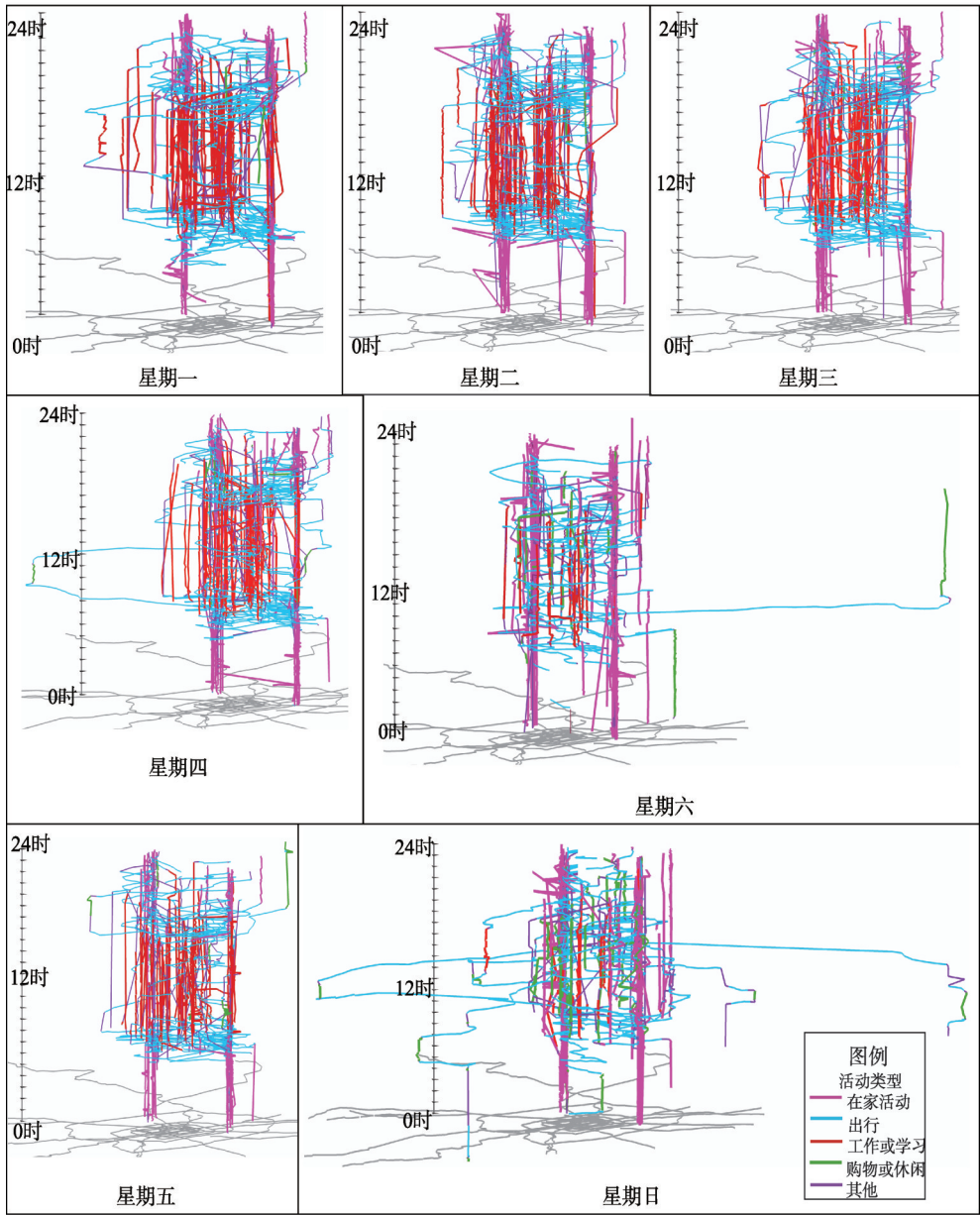


图2 北京市GPS调查居民的周时空路径

Fig. 2 Respondents' weekly space-time trajectories of Beijing GPS survey

并对各类活动进行一周7天之间、工作日之间以及休息日之间的方差分析（表3、表4）。

4.1 一周七天内时间分配差异显著

对居民各类活动时间分配方差分析的结果表明，一周7天中，居民在家、出行、工作、购物、休闲娱乐、社交访问活动的时间存在显著差异，F统计量均通过显著性检验。这些差异主要体现为工作日与休息日之间的差异，可见，传统的活动日志调查选择工作日与休息日各一天作为代表日的做法是基本合理的。在家活动方面，7天的在家活动发生率几乎均为100%（其中一个学生样本由于住校有一天整日不在家，其余样本尽管存在晚上

表3 北京市GPS调查居民的一周时间利用

Tab. 3 Respondents' weekly time use of Beijing GPS survey

	有效样 本数	在家			出行			工作		
		样本数	平均时 间/时	标准差	样本数	平均时 间/时	标准差	样本数	平均时 间/时	标准差
周一	80	80	12.745	3.507	78	2.466	1.057	73	8.995	2.421
周二	86	86	12.460	3.227	86	2.601	1.238	77	8.396	2.574
周三	84	83	12.515	3.004	81	2.730	1.563	77	8.636	2.610
周四	90	90	12.726	3.497	88	2.711	1.516	80	8.746	2.751
周五	78	78	12.907	4.092	72	2.380	1.053	71	8.629	2.644
周六	78	78	17.799	5.860	57	2.109	1.585	18	7.804	3.586
周日	83	83	17.393	6.143	59	2.478	2.149	16	6.727	4.452
一周方差分析		$F=25.281, Sig.=0.000$			$F=6.738, Sig.=0.000$			$F=58.398, Sig.=0.000$		
工作日方差分析		$F=0.429, Sig.=0.778$			$F=1.625, Sig.=0.167$			$F=0.686, Sig.=0.602$		
休息日方差分析		$F=0.184, Sig.=0.669$			$F=0.534, Sig.=0.466$			$F=1.174, Sig.=0.280$		

表4 居民一周家外非工作活动时间统计

Tab. 4 Respondents' weekly time use of out-of-home non-work activities

	有效 样本 数	购物		休闲娱乐		外出就餐		社交访问		个人事务	
		样本 数	平均 时 间/ 时	样本 数	平均 时 间/ 时	样本 数	平均 时 间/ 时	样本 数	平均 时 间/ 时	样本 数	平均 时 间/ 时
周一	80	3	2.014	4	1.995	9	2.265	3	2.802	6	0.404
周二	86	8	1.228	10	2.558	10	1.107	8	3.308	8	1.323
周三	84	9	1.996	7	3.693	8	1.192	3	3.676	3	1.032
周四	90	11	1.464	10	1.837	16	1.421	5	0.987	5	1.343
周五	78	3	3.280	9	2.809	10	2.147	5	3.805	2	0.320
周六	78	18	2.577	13	3.705	10	1.572	12	4.258	11	1.595
周日	83	27	2.851	20	5.012	13	1.953	6	6.177	8	2.027
一周方差分析		$F=8.208, Sig.=0.000$		$F=4.414, Sig.=0.000$		$F=0.828, Sig.=0.548$		$F=2.161, Sig.=0.045$		$F=1.338, Sig.=0.238$	
工作日方差分析		$F=0.662, Sig.=0.618$		$F=0.818, Sig.=0.514$		$F=0.980, Sig.=0.418$		$F=1.320, Sig.=0.262$		$F=0.870, Sig.=0.482$	
休息日方差分析		$F=1.534, Sig.=0.217$		$F=1.867, Sig.=0.174$		$F=0.628, Sig.=0.429$		$F=0.421, Sig.=0.518$		$F=0.734, Sig.=0.393$	

在外居住或从家外出发进行通勤或其它活动的情况，但每天都有一定的时间在家)，休息日在家活动时间的平均值与标准差显著高于工作日，周末的平均在家时间约为17.6 h，工作日的平均在家时间约为12.7 h；出行方面，工作日居民的出行发生率均在0.9以上，而休息日的出行发生率约在0.7；工作时间方面，工作日的工作活动发生率显著高于休息日，平均工作时间较长，标准差也较大；购物、休闲娱乐、社交访问方面，休息日这几类

活动的发生率较高,平均时间也较长。即工作日具有较长的工作时间、较高的出行发生率;而休息日则在家时间较长,在家与工作时间的居民间差异较大,购物、休闲娱乐、社交访问活动的发生率较高、平均时间也较长。工作日中,居民的各类活动受到工作活动的制约,需要进行必要的通勤,其他活动的发生率也相对较小;休息日中,尽管也有一定比例的居民仍然需要工作和通勤,但对其其他活动的制约显著降低,居民可以选择不出行而整日在家,也可以选择进行购物、休闲娱乐、社交访问等活动,因此不同居民之间各类活动的时间差异较大。此外,一周七天中外出就餐和个人事务时间的差异不显著,反映了这两类活动受到工作活动的制约较小,居民可以在工作日的午休时间或下班后外出就餐,而某些个人事务则由于受到服务提供部门的限制需要在工作日完成。

4.2 周一至周五时间分配存在一定差异

除了工作日与休息日之间的差异外,工作日五天之间的时间分配也存在一定的差异。在家时间方面,居民一周平均在家时间的差异在统计上不显著,但周五不同居民间在家时间的差异较大;出行方面,方差分析的结果表明居民出行时间的工作日之间的存在一定差异,其中周五的出行发生率相对较小,平均出行时间也较短,周三和周四的平均出行时间较长;工作时间方面,周一的工作时间最长;家外非工作活动方面,周一购物、休闲、社交访问等活动的发生率较低。可见,在周一至周五,居民的时间分配存在差异,尽管这些差异在统计上没有工作日与休息日之间的差异显著,但它们也能在一定程度上说明居民时空行为的日间差异。其中,周一的时间分配受到工作的限制最大,表现在工作时间最长,购物休闲活动发生率最低,反映了居民周一的工作压力较大;而周五居民在家时间的差异较大,反映了居民在下班后的选择相对多样,可以回家或在外进行其他非工作活动。

4.3 周六与周日时间分配差异不显著

周六与周日的时间分配在统计上存在一定差异,具体表现为周六的在家时间较长,出行次数较少,有工作活动发生的居民数量略多且平均工作时间较长,购物与休闲娱乐活动的发生率高于周日;而周日社交访问与个人事务的发生率高于周六,各类活动时间的标准差基本都在一周中最大。然而,这种差异在方差分析中并不显著,基本上可以认为周末的两天对于居民而言差异不大。

4.4 一周时间分配变化趋势

居民的一周时间分配具有一定规律和节奏。从一周活动发生率的变化趋势(图3)可以看出,在家的发生率一周基本稳定,出行发生率自周五开始呈下降趋势,工作的发生率在休息日显著下降,家外非工作活动的发生率在工作日波动上升,而在休息日显著上升。从一周活动时间分配的趋势(图4)可以看出,在家的时间在休息日显著增加,周日比起周六有小幅回落;工作时间周一最多,周二至周四相对平稳,周五至周末显著减少,家外非工作活动时间周末显著增加;出行时间在周三和周六的峰值间进行波动。即居民一周活动时间分配的趋势为:周一以工作为主,周二至周四工作时间维持在较为稳定的范围内,家

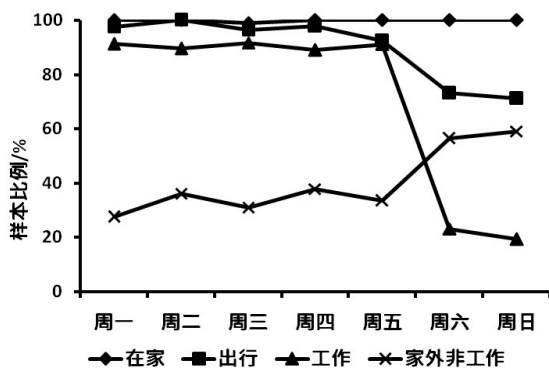


图3 北京市GPS调查居民一周活动发生率的变化

Fig. 3 One week variations in activity incidence

外非工作类活动发生率波动上升,从周五到周六、周日工作活动与出行的发生率显著下降,而非工作类活动的发生率显著上升。反映了居民一周的活动由紧至松的过程。周一是一周中较为紧张、工作压力最大的一天,周二至周四各活动的时间分配相对稳定,而周五是工作日向休息日的过度,工作、在家以及家外非工作时间等指标开始向休息日靠拢,休息日中居民的时间分配相对轻松自由,尤其是周日。

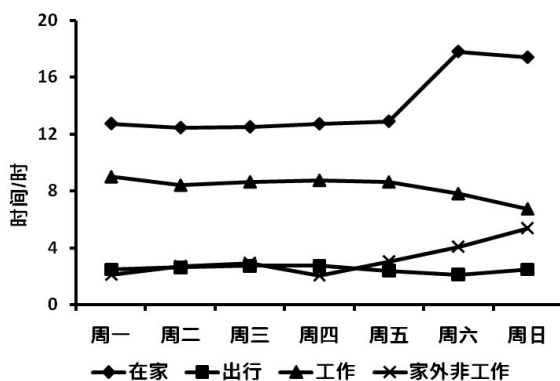


图4 北京市GPS调查居民一周活动时间分配的变化

Fig. 4 One week variations in time allocation

5 结论与讨论

研究发现: ① 居民时空行为在工作日与休息日之间的差异较为显著, 尤其是表现在时间分配与出行发生率方面; 工作日的活动与出行围绕工作活动展开, 但休息日也有一定比例的工作活动与出行发生。② 一周之内工作日之间的时空行为也存在着一定的差异。在所有的工作日中, 周一的工作时间最长, 购物、休闲等家外非工作活动的发生率及发生时间均较低, 平均出行次数也最少, 反应出周一的工作压力最大; 周五是工作日向休息日的过度时期, 居民具有较高的时间分配自由度; 周二至周四居民行为的差异性相对较小, 代表了居民在一般工作日的行为特征。③ 休息日之间居民的时空行为差异不显著。

传统的活动日志调查选择工作日与休息日各一天作为代表日的做法基本合理, 因为工作日与休息日之间居民行为的差异最为显著, 通过这两天的活动日志调查, 基本上能够反映居民时空行为的日常特征。但是, 由于居民一周之内每天行为之间存在的日间差异, 为了更加全面了解居民的中长期行为规律, 就需要获取居民一周、甚至更长时间尺度的时空行为数据。或者至少需要获取周四至周一或周五至周二的时空行为数据, 而若关注天气等长期因素对居民行为的影响, 则需要几周或数月的时空行为数据。此外, 由于不同类型活动的周节奏具有很大差异, 对于某些周间差异较为复杂的活动或出行, 不能单纯用工作日与休息日两天的情况进行分析。例如, 某些非工作活动, 工作日内的差异可能比工作日与休息日之间的差异更大, 需要根据研究的实际需求进行调查设计。

本研究基于GPS数据进行居民一周时空行为日间差异的分析, 弥补了国内在此研究领域的空白, 为基于中长期数据的日常时空行为研究提供了中国案例。但是, 本研究受到来自数据的限制而存在一定的局限性。首先, 本研究的样本总体数量为100人, 相对较少, 在活动与出行发生率等指标的说服力方面有待提高。其次, 本研究样本均来自郊区, 通勤距离较长, 居民的一周活动受到其通勤距离的制约, 日常活动重复性较强。因此, 从方差分析的结果看, 许多活动时间分配的差异在工作日之间和休息日之间显著性不强, 而内城居民一周时空行为的日间差异则可能更大。因此, 基于中长期时空行为数据的居民行为研究值得更多学者的关注。

参考文献(References)

- [1] Chai Y, Zhou S, Cai Y et al. Recent progress of human geography in China: Retrospect and prospect. Japanese Journal of Human Geography, 2007, 59(6): 2-22.

- [2] 吴缚龙, 马润潮, 张京祥, 等. 转型与重构: 中国城市发展多维透视. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [3] 申悦, 柴彦威. 转型期深圳居民日常活动的时空特征及其变化. 地域研究与开发, 2010, 29(4): 67-71.
- [4] 张艳, 柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究. 地理研究, 2009, 28(5): 1327-1340.
- [5] 周素红, 刘玉兰. 转型期广州城市居民居住与就业地区位选择的空间关系及其变迁. 地理学报, 2010, 65(2): 191-201.
- [6] 张文忠, 李业锦. 北京城市居民消费区位偏好与决策行为分析: 以西城区和海淀中心地区为例. 地理学报, 2006, 61(10): 1037-1045.
- [7] 张文佳, 柴彦威. 基于家庭的购物行为时、空间决策模型及其应用. 地理研究, 2010, 29(2): 338-350.
- [8] 王德, 马力. 2010年上海世博会参观者时空分布模拟分析. 城市规划学刊, 2009, (5): 64-70.
- [9] 柴彦威, 刘志林, 李峰嵘, 等. 中国城市的时空结构. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [10] 柴彦威, 张文佳, 张艳, 等. 微观个体行为时空数据的生产过程与质量管理: 以北京居民活动日志调查为例. 人文地理, 2009, 24(6): 1-9.
- [11] Arentze, T, Hofman, F, Kalfs N et al. Data needs, data collection and data quality requirements of activity-based transport demand models. International Conference on Transport Survey Quality and Innovation (Transport Surveys: Raising the Standard). Grainau, Germany, 1997.
- [12] Hanson S, Huff J. Repetition and day-to-day variability in individual travel patterns: Implications for classification. In: Golledge R G, Timmermans H. Behavioural Modelling in Geography and Planning. Croom Helm, London, 1988. 368-398.
- [13] Kitamura R, Van der Hoorn T. Regularity and irreversibility of weekly travel behavior. Transportation, 1987, 14: 227-251.
- [14] Buliung R N, Roorda M J, Rummel T K. Exploring spatial variety in patterns of activity-travel behaviour: Initial results from the Toronto Travel-Activity Panel Survey. Transportation, 2008, 35(6): 697-722.
- [15] Hanson S, Huff J O. Assessing day-to-day variability in complex travel patterns. Transportation Research Record, 1982, 891: 18-24.
- [16] Pas E I. Weekly travel-activity behavior. Transportation, 1988, 15: 89-109.
- [17] Kitamura R. An analysis of weekly activity patterns and travel expenditure. In: Golledge RG, Timmermans H J P. Behavioral Modeling Approaches in Geography and Planning. Croom Helm, London, 1988. 399-423.
- [18] Schlich R, Axhausen K W. Habitual travel behaviour: Evidence from a six-week diary. Transportation, 2003, 30 (1): 13-36.
- [19] Huff J, Hanson S. Measurement of habitual behaviour: Examining systematic variability in repetitive travel. In: Jones, P. Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis. Gower, Aldershot, 1990. 229-249.
- [20] Hagerstrand T. What about People in Regional Science? Papers of the Regional Science Association, 1970, 24, 7-21.
- [21] Chapin F S. Human Activity Patterns in the City: Things People Do in Time and in Space. New York: John Wiley&Sons, Inc, 1974. 21-42.
- [22] Kitamura R, Yamamoto T, Susilo Y O et al. How routine is a routine? An analysis of the day-to-day variability in prism vertex location. Transportation Research Part A, 2008, 40(3): 259-279.
- [23] Ahas R, Aasa A, Roose A et al. Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. Tourism Management, 2008, 29(3): 469-486.
- [24] Ahas R, Mark U. Location based services: New challenges for planning and public administration? Futures, 2005, 37(6): 547-561.
- [25] Ratti C, Frenchma D, Williams S et al. Mobile landscapes: Using location data from cell phones for urban analysis. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5), 727-748.
- [26] Licoppe C, Diminescu D, Smoreda Z et al. Using mobile phone geolocalisation for 'socio-geographical' analysis of co-ordination, urban mobilities, and social integration patterns. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 2008, 99(5): 584-601.
- [27] Muthyalagari G R, Parashar A, Pendyala R M. Measuring day-to-day variability in travel characteristics using GPS data. Paper presented at the 80th annual meeting of the Transportation Research Board. Washington, DC, 2001.
- [28] Chaogui Kang, Song Gao, Yu Liu et al. Analyzing and Geo-visualizing Individual Human Mobility Patterns using Mobile Call Records. The 18th International Conference on Geoinformatics. Beijing, China, 2010.
- [29] 柴彦威, 申悦, 马修军, 等. 基于定位技术的微观个体行为时空数据采集与管理: 以北京居民活动与出行调查为例. 地理研究, 2013, 32(3): 441-451.
- [30] 申悦, 柴彦威. 基于GPS数据的城市居民通勤弹性研究: 以北京市郊区巨型社区为例. 地理学报, 2012, 67(6): 733-744.
- [31] Miller H J. Tober's first law and spatial analysis. Annals of the Association of American Geographers, 2004, 94(2): 284-289.

- [32] Kwan M P. GIS methods in time-geographic research: Geocomputation and geovisualization of human activity patterns. *Geografiska Annaler B*, 2004, 86(4): 267-280.
- [33] Shaw S L, Yu H B. A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical-virtual space. *Journal of Transport Geography*, 2009, 17(2): 141-149.

Day-to-day variability in activity-travel behavior based on GPS data: A case study in suburbs of Beijing

SHEN Yue, CHAI Yanwei, GUO Wenbo

(College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Research on human activity-travel behavior is offering an important approach to the study of urban structure. There have been lots of domestic empirical studies on space-time patterns and the related decisions process based on cross-sectional data or activity diary of one or two days. But less time has been spent on space-time behavior and the variations during a period more than two days, because long-term disaggregated space-time data of individual's behavior is hard to achieve, and on the other hand, individuals are generally assumed to establish stable, highly routinized patterns. As long-term activity-travel dairy surveys are achieved in increasing countries, how an individual's behavior varies from day to day, week to week, or season to season, has been discussed intensively by researchers to gain a better understanding of activity-travel behavior and to acquire knowledge for better planning and policy development. In transitional China, space-time behavior of residents is more and more complicated, flexible and individualized, day-to-day variability in activity-travel behavior has become an important theme.

Data for this study are drawn from a 2010 Beijing one-week activity-travel survey based on GPS, including 100 residents in two typical suburban communities. We use a time geographical framework to represent the activity-travel trajectories in 3-D GIS environment, and also descriptive analysis and analysis of variance to study day-to-day variability in activity-travel behavior during one week from perspectives of space-time path and time allocation. The results indicate that, firstly, differences of residents' space-time behavior between weekdays and weekends are significant. Second, during the weekdays, Monday has the longest work time and lower incidence of non-work activities; variations on Tuesday to Thursday are comparatively insignificant; Sunday is a transition from weekdays to weekends and residents are freer to decide the time allocation. Third, during the weekends, Saturday has higher incidence of working, longer time at home and less non-work travel; on Sunday, incidence of non-work activities increases significantly. The study fills in the gap of weekly space-time pattern in China, and provides a Chinese case for weekly activity-travel behavior studies.

Key words: GPS data; space-time behavior; day-to-day variability; space-time path; weekly; Beijing