

# 城市轨道交通出站端潜在自行车接驳分担率转移模型

成 艳, 叶霞飞

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

**摘要:** 为了掌握城市轨道交通车站出站端自行车接驳特征, 定量描述出站端潜在自行车接驳分担率转移规律, 以日本东京都为例, 选取 570 个车站进行调查, 总结不同区域自行车接驳分担率变化规律, 得出其与车站密度、设施配置的关系。在此基础上, 筛选出 30 组车站-交通小区对调查其接驳距离、步行及公交接驳时间、费用等, 探讨接驳距离、步行与公交接驳时间差、公交在车时间比对出站端潜在自行车接驳分担率转移的影响, 通过多元非线性拟合, 建立出站端潜在自行车接驳分担率转移模型并验证。

**关键词:** 城市轨道交通; 出站端接驳; 潜在自行车接驳分担率转移模型; 实证分析

中图分类号: U291

文献标志码: A

## Transfer Model of Potential Bicycle Share on Egress Journey in Urban Mass Transit

CHENG Yan, YE Xiafei

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** To grasp the characteristics of bicycle as an egress mode of urban mass transit and give a quantitative description of transfer rule of potential bicycle share on the egress journey, 570 stations in Tokyo were chosen to be analyzed. The relationship was revealed among the bicycle share on access/egress journey in different zones and station density as well as infrastructure. Investigation of egress distance, walk and bus egress time and fare between 30 couples of stations and transport zones shows that time difference between walk and bus on egress journey and the ratio of riding time to total bus egress time have an influence on transfer of potential bicycle share on the egress journey. Transfer model of potential bicycle share on the egress journey in urban mass transit was established by multiple nonlinear fitting survey data to identify the impact of these two factors quantitatively.

**Key words:** urban mass transit; egress journey; transfer

model of potential bicycle share; empirical analysis

随着各大城市的轨道交通网络逐渐成型和不断发展, 以轨道交通为主、多种交通方式组合的交通出行正成为上海等大型城市的主导交通模式<sup>[1]</sup>。自行车作为一种慢行交通方式, 具有灵活性强、购置成本低、适合中短距离出行的特点, 使其成为接驳轨道交通的理想选择。

城市轨道交通接驳分为进站和出站两种。进站接驳是指采用轨道交通的出行者从起点出发到达最初上车轨道交通车站的过程, 出站接驳则是指该部分出行者从最终下车轨道交通车站到达终点的过程。绝大部分乘客一天中首次出行从家出发, 故此时进站接驳的起点为家。

在不考虑公共租赁自行车和单人拥有多辆自行车的前提下, 自行车作为私人交通工具只能完成一次接驳过程。这意味着从家出发采用自行车作为进站接驳方式的出行者在出站接驳时不可能再采用该方式。此时他们会选择步行、公交等接驳方式代替。若没有考虑这部分转移客流的影响, 就会导致步行、公交等方式的预测接驳客流偏小, 最终影响到接驳设施的规模。

国外研究方面, Rietveld<sup>[2]</sup>发现出站端自行车接驳分担率远低于进站端, 认为这一现象主要由两端自行车配置的不对称性造成。Kare<sup>[3]</sup>调查的 3 个欧洲国家同样存在这一现象。他发现将自行车作为出站端接驳方式的主体为上班和上学的乘客。但他们均未对出站端潜在自行车接驳分担率的转移规律进行研究。国内研究方面, 岳芳等<sup>[4]</sup>建立了城市轨道交通接驳方式选择模型, 因未将进站和出站接驳分开对待, 忽略了自行车在两端接驳分担率不同这一现象。秦观明<sup>[5]</sup>引入融合参数, 建立了同时适合于进站

收稿日期: 2013-12-19

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划(1123120300)

第一作者: 成 艳(1989—), 博士生, 主要研究方向为城市轨道交通规划与设计。E-mail: patty\_1234@126.com

通讯作者: 叶霞飞(1961—), 男, 教授、博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为城市轨道交通规划与设计。E-mail: yxf@tongji.edu.cn

和出站端的接驳方式选择模型.但其模型并未将自行车从目的端接驳方式中剔除,致使模型计算结果中出站端自行车接驳分担率过高.为此,本文在国内外研究基础上,对城市轨道交通出站端自行车接驳分担率进行分析.

## 1 研究对象

本文的实证分析对象为日本东京都,它由区部

(包含 23 个区)和多摩部(包含 26 个市和郡、岛部)组成,总面积 2 188.67 km<sup>2</sup>,总人口 1 322.89 万<sup>[6]</sup>.东京轨道交通系统主要由 JR 铁路、私铁和地铁 3 部分组成.其中 JR 山手线为环状运营线路,环线内约 63 km<sup>2</sup>,该范围内主要为地铁, JR 铁路较少,私铁线路极少;山手线以外、区部以内(含山手线)的范围内,3 类轨道交通均存在,私铁比例上升,地铁与 JR 铁路比例相当;多摩部则主要为 JR 铁路和私铁,不存在地铁,如表 1 所示.

表 1 日本东京都轨道交通分区线路长度及比例<sup>[7]</sup>

Tab.1 Railway line length and proportion of zones in Tokyo

轨道交通类型	山手线以内		山手线以外,区部以内		多摩部		合计线路长度/km
	线路长度/km	占总长度比例/%	线路长度/km	占总长度比例/%	线路长度/km	占总长度比例/%	
地铁	140.3	90.3	146.4	27.3	0	0	286.7
私铁	4.6	2.9	214.5	40.1	131.9	44.1	351.0
JR 铁路	10.6	6.8	132.1	24.7	151.0	50.5	293.7
轻轨及新交通系统	0	0	42.2	7.9	16.0	5.4	58.2
合计线路长度/km	155.5		535.2		298.9		989.6

山手线上除了东京站、品川站、上野站等传统大站外,还涵盖了池袋站、新宿站、涉谷站等副都市中心,且众多私铁线均以山手线车站为起点向外延伸.整条线路的功能和位置都类似于上海的地铁 4 号线.因此结合整个东京都的行政区划,将东京都分为 3 个部分,如图 1 所示:

(1)中心区:山手线以内车站所在行政区划与都心 3 区的集合,共 10 个区.由于北区仅有的田端站位于行政区划端部,故不属于该类.

(2)中心城区(不含中心区):除第(1)类以外的东京都区部,共 13 个区.

(3)外围区:东京都 26 个市.



■ 东京都中心区 ■ 东京都中心城区 ■ 东京都外围区

图 1 日本东京都分区

Fig.1 Three zones of Tokyo

## 2 自行车进出站接驳分担率特征

数据来源为日本平成 22 年(2010 年)首都圈大

都市交通普查的进出站接驳方式调查表<sup>[8]</sup>.其调查内容为购买通勤和通学月票的乘客在调查当天的第一次轨道交通出行中的进、出站接驳方式<sup>[9]</sup>.从中筛选出东京都范围内同时存在自行车进出站接驳数据的 570 个车站进行分析.因城市轨道交通车站的自行车接驳量以通勤、通学的换乘轨道交通乘客为主<sup>[10]</sup>,故本次调查统计得到的规律对确定车站高峰小时自行车接驳比例具有很强的指导作用.

本次调查中,除武蔵村山市外,其他区、市均设有轨道交通车站.将东京都所有轨道交通车站按所在行政区划进行分类,计算该区内进、出站端自行车接驳分担率,如图 2 所示.

### 2.1 分区接驳分担率与车站密度的关系

东京都中心区的进、出站端自行车接驳分担率在分区中最低,尤其是出站端自行车接驳分担率,可见该区域内自行车并非主要的轨道交通接驳方式;中心城区各区划平均进、出站端自行车接驳分担率呈现出从中心区往外围区延伸方向上逐渐增长的趋势,且均高于中心区;外围区各区划之间进、出站端自行车接驳分担率相差较大,但平均水平远高于其他两个分区,可见自行车的接驳功能得到了更好的发挥,如表 2 所示.

产生这种现象的原因之一为车站密度不同.采用轨道交通的出行者选择进、出站接驳方式时,主要考虑的因素之一就是接驳距离.该影响因素从区域层面上可以由车站密度反映.

由图 3 可知,车站密度大于 0.7 个·km<sup>-2</sup> 的区

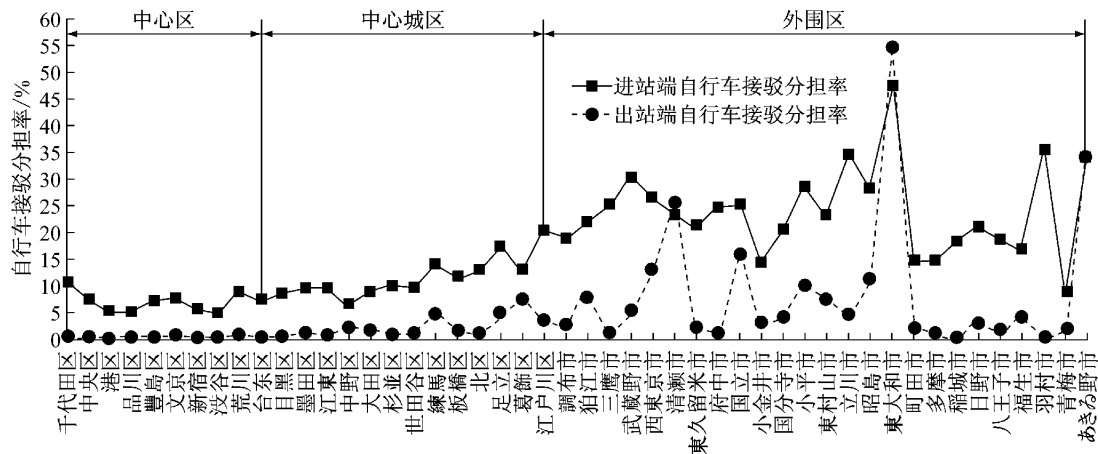


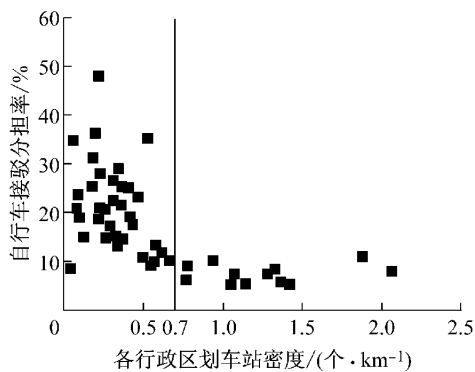
图 2 东京都轨道交通进站、出站端自行车接驳分担率

Fig.2 Bicycle share on the access and egress journey of all urban mass transit stations in different districts of Tokyo

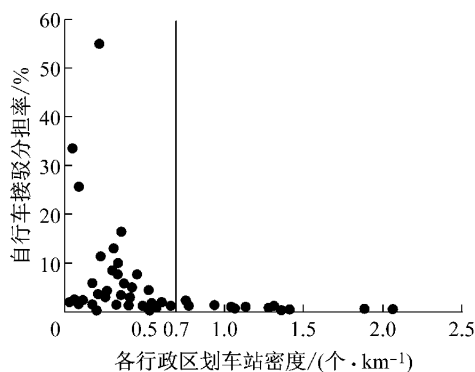
表 2 东京都分区车站进、出站端自行车接驳分担率

Tab.2 Average bicycle share on the access and egress journey of three zones in Tokyo

东京都分区	平均进站端自行车接驳分担率/%	平均出站端自行车接驳分担率/%	平均进、出站端自行车接驳分担率差值/%
中心区	6.9	0.4	6.5
中心城区	11.8	2.5	9.3
外围区	24.0	8.7	15.3



a 进站端



b 出站端

图 3 不同车站密度下自行车接驳分担率

Fig.3 Bicycle share on the access and egress journey with different station densities

域,进、出站端自行车接驳分担率均处于稳定且较低的状态. 该区域包含了整个中心区和毗邻中心区的

墨田、中野两区,平均进站端自行车接驳分担率为 7.1%,出站端自行车接驳分担率为 0.6%.

如图 4 所示,山手线内所有车站的 500 m 直线距离步行吸引范围覆盖了山手线内总面积的 75.6%,800 m 直线距离步行吸引范围覆盖了山手线内总面积的 98.3%. 随着车站密度的增大,出行者前往车站的平均直线距离缩短,使得越来越多的出行者位于车站的步行吸引范围内. 因此不论是进站还是出站端,平均自行车接驳分担率均比其他车站密度更低的区域小.



a 车站 500 m 直线距离步行吸引范围

b 车站 800 m 直线距离步行吸引范围

图 4 山手线内车站步行吸引范围

Fig.4 Walkability catchment of all stations within the Yamanote Line

当车站密度小于等于 0.7 个·km<sup>-2</sup>时,进站端自行车接驳分担率呈现出随车站密度减小而增大的

趋势,说明当前往车站的距离增大时,部分出行者就会由步行转而采用自行车前往最初上车的轨道交通车站。而出站端接驳分担率方面,85%的车站依旧维持在较低的水平,这主要是由于在出站端,大部分出行者已经不再具备采用自行车作为接驳方式的能力。

## 2.2 出站接驳分担率与设施配置的关系

表 3 不同出站端自行车接驳分担率范围内的分区车站比例

Tab.3 Proportion of stations in three zones within different ranges of bicycle share on the egress journey

出站端自行车接驳分担率范围	车站数/个	占总车站数的比例/%	中心区内车站比例/%	中心城区内车站比例/%	外区内车站比例/%
0	306	53.7	35.0	41.2	23.9
(0,10%]	232	40.7	35.8	43.5	20.7
(10%,100%]	32	5.6	0	43.8	56.3

部分车站出站端自行车接驳分担率较大的主要原因在于:

(1)轨道交通车站密度降低,导致乘客从最终下车车站前往目的地的距离增大,使得步行相比自行车更耗费时间和体力。

(2)考虑到接驳成本,日本东京都存在以通勤、通学为目的的出行者在靠近其工作单位、学校的轨道交通车站附近备有自行车,专门用于下车后骑行至终点。且实际调查表明,出站端自行车接驳分担率大于 10%的所有车站都配置了为轨道交通乘客服务的自行车停车场,供其长时间停放,使得在出站接驳端想要采用自行车的出行者无后顾之忧。

(3)目前日本正在全面推行、倡导租赁自行车和社区自行车<sup>[11]</sup>。

由此可见,出站端的接驳设施配置使原本无法选择自行车出站接驳的出行者具备了条件,使得出站端自行车接驳分担率上升。而目前国内城市的自行车接驳交通设施普遍存在不足,如轨道交通车站周围未设置自行车停车场或设置不足、已有自行车停车场缺乏管理、易丢失车辆等,这给想要采用自行车作为接驳交通工具的出行者带来了很大阻力。因此,东京都在这方面的经验值得国内城市借鉴。

## 2.3 接驳分担率差异与方式特性的关系

除清瀬市、东大和市外,东京都其他区、市范围内的轨道交通车站进站端自行车接驳分担率均大于出站端自行车接驳分担率。同一区划内车站平均进、出站端自行车接驳分担率最大差值为 36.1%,平均差值达到 11.9%。这种差异正是由自行车的特性导致的,即绝大部分乘客在出站端不再具有选择这种方式的可能性转而选择其他方式。

东京都各区划车站平均出站端自行车接驳分担率并不全为零。将调查的 570 个车站根据出站端自行车接驳分担率进行划分。其中出站端自行车接驳分担率为零的车站超过总数的一半,但仍有 5%的车站出站端自行车接驳分担率超过了 10%,其中 56.3%的车站位于外山区,余下的 43.8%的车站则位于中心城区,如表 3 所示。

## 3 出站端潜在自行车接驳分担率转移模型

为了充分掌握城市轨道交通出站端愿意采用却无法采用自行车的乘客转移至其他接驳方式的情况,对出站端自行车接驳分担率为零的车站进一步调查分析。基于实证数据,建立城市轨道交通车站的出站端潜在自行车接驳分担率转移模型,为准确地确定车站出站端各种接驳方式分担率提供支持,避免由于忽略出站端潜在自行车接驳客流的转移而导致其他承担转移客流的接驳交通方式(如公交)客流预测偏小的情况。

### 3.1 定义及假定

当一名出行者在出站接驳端想要采用却无法利用自行车时,他会转而采用其他接驳方式。将该类出行者称为出站端潜在自行车接驳客流,由于这部分客流向其他接驳方式导致的自行车接驳分担率降低部分称为出站端潜在自行车接驳分担率转移,其他接驳方式分担率增长量占总转移量的比例称为转移率。

由东京都现状数据<sup>[12]</sup>统计可知,步行、自行车和公交车 3 种接驳方式的分担率之和高达 95%以上。结合采用自行车接驳的出行者群体特征,假定出站端的潜在自行车接驳客流只转移至步行和公交这两种方式上。

### 3.2 调查对象

调查以日本平成 22 年(2010 年)首都圈大都市交通普查的进出站接驳方式调查表<sup>[8]</sup>为数据来源,将出站端自行车接驳分担率为零的 306 个车站作为备选对象,每个车站对应的交通小区进、出站接驳量

均可获得. 为保证转移率这一比例概念能较好体现出自行车转移规律, 因此将进、出站量差异悬殊的车站-交通小区对剔除, 以免失真. 此外, 现实调查数据中往往存在少量自行车分担率转移至步行、公交以外的方式以及调查中存在方式不明确的情况, 这些车站-交通小区对也不作为调查备选对象.

最终筛选出 3 种不同转移类型的车站-交通小区对各 10 组作为调查对象. 转移类型分为: 第 I 类为自行车接驳分担率全部转移至步行; 第 II 类为自行车接驳分担率部分转移至步行、部分转移至公交; 第 III 类为自行车接驳分担率全部转移至公交.

因为基础数据为通勤、通学者第一次轨道交通出行的接驳方式, 因此主要集中在早高峰时段. 其转移分析结果对于预测步行、公交等接驳方式的客流、估算设施规模具有指导意义.

### 3.3 调查内容及方法

#### 3.3.1 出站端潜在在自行车接驳分担率的步行、公交转移率

因本次实证分析的基础数据<sup>[8]</sup>为集计数据, 故不考虑个体因素对接驳方式选择的影响. 假定当轨道交通车站与交通小区之间的距离确定时, 两者之间产生的接驳交通分担率也确定. 因出行者在进站端具备采用各种接驳方式的可能性, 故将实际的进站端自行车接驳分担率作为基准, 得出出站端的潜在在自行车接驳分担率转移情况.

#### 3.3.2 接驳成本

在体力可承受范围内, 出站端潜在在自行车接驳客流转移时主要考虑接驳成本, 并优先选择接驳成本较小的方式. 该成本包括接驳时间、接驳费用.

转移至步行接驳时, 接驳时间为道路步行时间, 接驳费用为零. 转移至公交接驳时, 接驳时间为公交接驳两端步行到站时间、候车时间与在车时间之和, 接驳费用为公交乘车费用. 为便于比较两者之差, 将公交乘车费用按照 47 日元·min<sup>-1</sup><sup>[13]</sup>折算成时间, 计入平均接驳时间.

因每个交通小区中不同街区到达车站采用的公交线路不同, 故本文以街区为调查单位, 共计 369 组数据, 每组数据主要包括: 车站到各个街区中心的道路步行距离、步行时间、采用各条公交线路所需的两端步行时间、候车时间、在车时间以及乘车费用. 对交通小区包含的街区数据取平均值即可得到车站到交通小区的相应值.

### 3.4 调查结果分析

#### 3.4.1 体力可承受范围外的出站端潜在在自行车分

#### 担率转移情况

日本东京都调查接驳距离结果如图 5 所示, 可知对于原本选择自行车接驳的出行者而言, 2.3 km 是其能够承受的最大步行接驳距离. 一旦超过该值, 就将选择公交接驳来替代自行车, 即归为第 III 类转移. 此时将这一距离定为体力承受临界值  $d'$ .

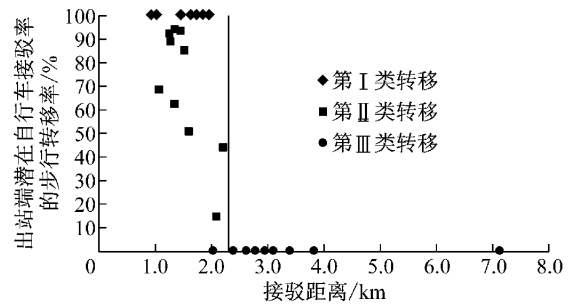


图 5 不同接驳距离下出站端潜在在自行车接驳分担率的步行转移率

Fig.5 Proportion of potential bicycle share transferring to walk on the egress journey at different egress distances

#### 3.4.2 体力可承受范围内的出站端潜在在自行车分担率转移情况

对于接驳距离在体力承受临界值  $d'$  以内的出行者, 即第 I, II 类出行者而言, 主要影响因素不再是体力, 而是接驳成本. 除此之外, 结合调查数据发现公交接驳的在车时间比例对于转移选择也有影响.

如表 4 所示, 对于第 I 类车站-交通小区对而言, 步行接驳时间要比公交接驳时间更短, 且若采用公交接驳, 实际在车时间只占全程时间的不足 1/5, 余下时间仍在步行或等待; 当步行接驳时间大于公交接驳时间时, 一部分出行者就转化为采用公交接驳代替, 此时平均公交在车时间占总公交接驳时间的比例上升至 36%, 使两端步行到站时间和候车时间的比例下降, 一定程度上降低了出行者采用公交换乘的不便感. 因此, 随着步行与公交时间差、公交接驳在车时间比的增大, 公交接驳相对于步行接驳的优势更大, 致使出站端潜在在自行车接驳分担率的步行转移率会越来越低, 相应地, 转移至公交的比例会增加.

### 3.5 建立出站端潜在在自行车接驳分担率转移模型

为了定量计算出站端潜在在自行车接驳分担率的步行、公交转移率, 需建立转移模型. 体力可承受范围外, 出站端潜在在自行车分担率均转为公交. 体力可承受范围内, 需明确步行、公交转移率与步行与公交时间差、公交接驳在车时间比的变化关系.

表 4 不同出站端潜在自行车接驳分担率转移类型平均接驳时间

Tab.4 Average egress time of different transfer types of potential bicycle share on the egress journey

出站端潜在在自行车接驳分担率转移类型	调查数/组	平均步行接驳时间/min	平均公交接驳时间/min	平均公交在车时间比例/%	步行-公交接驳时间差/min
第 I 类转移	10	17.6	21.6	19	-4.0
第 II 类转移	10	18.2	12.1	36	6.1
第 III 类转移	10	40.8	28.6	42	21.2

体力可承受范围内,出站端自行车接驳分担率转移模型以步行与公交接驳时间差  $t$  和公交接驳在车时间比  $p$  为自变量,以出站端自行车接驳分担率的步行转移率  $y$  为因变量,求解其对应关系. 基于上文的假定,可知出站端自行车接驳分担率的公交转移率为  $1-y$ .

基于第 I, II 类共 20 组数据,分别绘制因变量与两个自变量的散点图,发现其关系并不符合线性假设. 由于  $y$  的取值范围为  $[0, 100\%]$ , 所以考虑采用因变量有边界值的曲线为原型,进行多元非线性拟合. 结合散点图形状,初步判断采用二重指数分布曲线和反 S 曲线进行拟合. 借助数学软件,求解出拟合结果,绘制拟合图形,如图 6 所示.

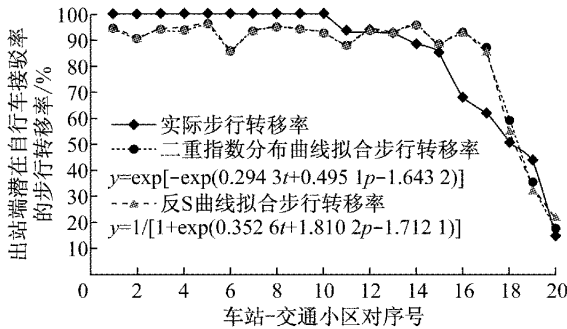


图 6 体力可承受范围内出站端潜在自行车接驳分担率的步行转移率拟合结果对比

Fig.6 Comparison of fitting results and proportion of potential bicycle share transferring to walk on the egress journey within the affordable range

从拟合结果可知,随着步行与公交时间差、公交接驳在车时间比的增加,出站端自行车接驳分担率的步行转移率确实在下降. 反 S 曲线拟合得到的残差平方和为 0.203 1,略小于二重指数分布曲线拟合得到的 0.205 5.

为了进一步验证两种拟合结果的有效性,另外调查了 10 组第 II 类型的车站-交通小区对数据代入. 结果表明两种拟合均有效. 但二重指数分布曲线拟合得到的残差平方和为 0.508 8,明显小于反 S 曲线的 0.532 0. 因此综合考虑,认为对于第 I, II 类转移情况,采用二重指数分布曲线进行描述更为准确.

因此,出站端自行车接驳分担率转移模型为

$$y_w = \begin{cases} \exp[-\exp(0.294 3t + 0.495 1p - 1.643 2)] & d \leq d' \\ 0 & d > d' \end{cases} \quad (1)$$

$$y_b = \begin{cases} 1 - \exp[-\exp(0.294 3t + 0.495 1p - 1.643 2)] & d \leq d' \\ 1 & d > d' \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $y_w$  为车站-交通小区对出站端潜在自行车接驳分担率的步行转移率;  $y_b$  为车站-交通小区对出站端潜在在自行车接驳分担率的公交转移率;  $t$  为车站-交通小区对平均步行与公交接驳时间差, min;  $p$  为车站-交通小区对平均公交接驳在车时间比;  $d$  为车站-交通小区对平均步行距离, km;  $d'$  为潜在自行车接驳乘客体力承受临界值, km.

### 4 结论

通过对日本东京都的调查数据进行实证分析,主要得出以下结论:

(1)由城市中心区向外围区延伸,呈现出车站密度由高到低、自行车接驳分担率逐渐增大的趋势. 当区域车站密度大于  $0.7 \text{ 个} \cdot \text{km}^{-2}$  时,进、出站端自行车接驳分担率都稳定在一个较低的水平;当区域车站密度小于等于  $0.7 \text{ 个} \cdot \text{km}^{-2}$  时,进站端自行车接驳分担率随车站密度减小而增大的趋势,出站端自行车接驳分担率没有明显提升.

(2)城市外围区轨道交通车站的出站端自行车接驳分担率较高,除了因为平均接驳距离增大外,出站端的设施配备也有助于出行者采用自行车进行出站接驳.

(3)城市轨道交通车站进站端接驳分担率普遍大于出站端接驳分担率. 当接驳距离超过 2.3 km 时,出行者考虑其生理承受能力,倾向于选择公交取代自行车;当接驳距离小于 2.3 km 时,出站端潜在在自行车接驳分担率转移至步行的比例随步行与公交时间差、公交接驳在车时间比增大而减小.

(4)通过比较二重指数分布曲线和反 S 曲线的多元非线性拟合结果,证明二重指数分布曲线能够

更好地反映出站端潜在自行车接驳分担率转移的规律。由此建立以步行与公交时间差、公交接驳在车时间比为自变量、以出站端潜在自行车接驳分担率的步行转移率为因变量的城市轨道交通出站端潜在自行车接驳分担率转移模型。该模型可帮助提高出站端各类接驳方式客流量的预测精度,避免步行、公交方式的预测接驳客流偏小的情况。

在已有研究工作的基础上,未来将采集日本大阪以及国内主要城市的接驳数据对该预测模型进行验证,并对公式中的参数进行必要的修正。

### 参考文献:

- [1] 陈必壮,陆锡明,董志国,等. 上海交通模型体系[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.  
CHEN Bizhuang, LU Ximing, DONG Zhiguo, *et al.* Shanghai transportation model system[M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2011.
- [2] Rietveld P. The accessibility of railway stations; the role of the bicycle in the Netherlands [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2000, 5(1):71.
- [3] Karel M. The bicycle as a feeding mode; experiences from three European countries[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2004, 9(4):281.
- [4] 岳芳,毛保华,陈团生. 城市轨道交通接驳方式的选择[J]. 都市快轨交通,2007,20(4):36.  
YUE Fang, MAO Baohua, CHEN Tuansheng. Study on the choice of access modes to urban mass transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2007, 20(4):36.
- [5] 秦观明. 城市轨道交通接驳方式选择及客流吸引范围研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.  
QIN Guanming. Research on the access mode selection and passenger flow attracting range of urban rail transit [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology,2010.
- [6] 東京都総務局統計部人口調査課. 平成 22 年国勢調査実施分の集計結果 [EB/OL]. [2013-11-22]. <http://www.toukei.metro.tokyo.jp/kokusei/kd-index.htm>.
- [7] 国土交通省国土政策局国土情報課. 国土数値情報鉄道データ [EB/OL]. [2014-04-23]. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N02.html>.
- [8] 日本国土交通省. 第 11 回大都市交通センサス調査結果集計表 [EB/OL]. [2013-11-22]. [http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_tk\\_000035.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000035.html).
- [9] 国土交通省総合政策局交通計画課. 平成 22 年大都市交通センサスデータ利用マニュアル [R]. 東京都:国土交通省,2012.
- [10] 况丽娟,叶霞飞. 自行车接驳城市轨道交通的特征研究[J]. 城市轨道交通研究,2010, 13(2):53.  
KUANG Lijuan, YE Xiafei. Research on characteristics of bicycle as an access mode of urban mass transit[J]. Urban Mass Transit Research, 2010, 13(2):53.
- [11] 日本国土交通省国土交通政策研究所. 地域交通における自転車の活用に関する調査研究 [R]. 東京都:国土交通省,2011.
- [12] 東京都市圏交通計画協議会. 東京都市圏パーソントリップ調査. 平成 20 年基礎集計項目調査データ [EB/OL]. [2013-11-22]. <http://www.tokyo-pt.jp/data/index.html>.
- [13] 日本国土交通省鉄道局. 鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル [R]. 東京都:国土交通省,2012.
- [6] 杨文臣,张轮,何兆成,等. 城市交通信号三级模糊优化控制与仿真[J]. 北京理工大学学报,2013,33(S1): 177.  
YANG Wenchen, ZHANG Lun, HE Zhaocheng, *et al.* An optimized three-stage fuzzy logic controller for urban traffic signals and its simulation[J]. Transaction of Beijing Institute of Technology,2013,33(S1): 177.
- [7] Rahman S M, Ratroun N T. Review of the fuzzy logic based approach in traffic signal control; prospects in saudi arab[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology,2009,9(5): 58.
- [8] YANG Wenchen, ZHANG Lun, HE Zhaocheng, *et al.* Optimized two-stage fuzzy control for urban traffic signals at isolated intersection and paramics simulation [C/CD]//The 15th International Conference on Intelligent Transportation Systems. Anchorage; IEEE,2012.
- [9] Kesur K B. Advances in genetic algorithm optimization of traffic signals[J]. Transportation Engineering,2009, 135(4): 160.
- [10] Liu Y, Chang G L, Yu J. An integrated control model for freeway corridor under nonrecurrent congestion [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology,2011,60(4): 1404.
- [11] Sun Y X, Van B J, Wang Z H. A new golden ratio local search based particle swarm optimization[C/CD]//2012 International Conference on Systems and Informatics. Yantai; IEEE,2012.

### (上接第 1853 页)