

基于计算机仿真模型探讨城市发生之区位选择

赖世刚¹ 于如陵² (同济大学 建筑与城市规划学院,上海,2000092;昆山科技大学 房地产开发与管理系,江苏 昆山,215300)

【摘要】透过计算机仿真模型来模拟城市体系的幂次现象,进而透过本模型的操作来探讨城市发生的区位选择。模型显示,城市发生的区位,除了区位条件外,机遇性因素与历史发展过程亦占有重要影响,亦即区位条件相同优良的土地未必最后均会发展出城市,仍受机遇性因素与历史发展过程之影响。所以研究认为每个城市的发生区位虽能于事后寻求合理的区位条件解释,但并非由区位条件所能完全解释的确定性行为。

另外本模型显示,在报酬递增的基础之上,即使考虑迁移行为与平面非均质等因素,所得到的城市体系仍然与幂次现象高度相关,因此报酬递增极可能是形成幂次现象的机制之一。

【关键词】城市;区位;聚落体系;报酬递增;幂次法则

【中图分类号】K292 【文献标识码】A

1 模型的理论基础

城市聚落的体系是如何形成的?我们可以观察到,不论古今中外,在一个国家或地区内,总是存在着所谓的“城市阶层”“城市体系”,高阶层的大城市数量稀少,而存在众多的低阶层小聚落,大小聚落之间存在的秩序,仿佛是经过人为精心的安排。1933 年德国地理学家克里司徒纳(Walter Christaller)提出了中心地理论(Central place theory),指出即使是在一个均质的平原上,基于能最有效提供服务的观点,可以建构出一个理想中的城市阶层体系。而 1949 年,齐普夫(Zipf)提出等级大小法则(Rank-Size rule,1949),则是由对现状的观察与归纳,以说明城市规模与其等级的相关性。这两位学者对于城市聚落体系的理论,有很大的贡献。

幂次现象是指事物出现的规模与频率间的关系:物体的规模 S 和其出现之次数,呈 S^{-a} 的比例关系,亦即规模大的事物出现的频率低,而规模小的事物出现的频率高,而形成 一个自组织的体系。在自然界如地震、陨石撞击,在社会科学界如股市涨跌等,都呈现出幂次现象。

而前面所提的等级大小法则(Rank-Size rule)(Zipf,1949)事实上与幂次法则是不谋而合,函数型态完全是相同的,可见得幂次现象亦存在于城市系

统之中。Krugman(1996)以美国 1993 年的统计资料,以 130 个城市的规模数据套入幂次法则的模型,呈现高度的吻合。统计结果,模型的系数值(斜率)约为-1,表示人口大于某一数量 S 的城市个数与 $1/S$ 呈比例关系。而且这样的关系在过去一个世纪以来大致保持稳定。

1.1 报酬递增理论

传统经济学强调“报酬递减”,无论任何事情,只要你做得越多,就会越来越没有效,如两倍的肥料不见得会有两倍的收成。负回馈与报酬递减正说明了新古典学派对于经济的和谐、稳定及平衡的看法。Arthur(1990)将“报酬递增”概念引入现代经济学界,当他提出这样的论点,对传统经济学界带来相当的冲击。

Arthur 所提出的“正回馈”观念正是传统经济学所没有的。新古典经济学指出,利伯维尔场总是会筛选出最出色,最有效率的科技。以录像机规格的 Beta 和 VHS 之争为例,很多专家评估 VHS 的技术比 Beta 略逊一筹,但 VHS 很幸运的在一开始抢先占据了稍微大一点的市场,由于“正回馈”效应,每个人都有比较强的诱因跟随市场领导者的步伐,以致 VHS 系统最后席卷市场,大获全胜。报酬递增的观念强调当用户加入一个规模较大的阵营时,随着该阵营规模的扩大,对阵营内的每个使用者都带来更大的利益。在商

品的销售上,阵营可以代表不同规格的产品(如录像带规格的 VHS 和 Beta 之争);在城市系统中,阵营代表的则是不同区位的城市。城市的选址也是类似的情况,英国殖民者群集于寒冷、多风暴且多岩石的麻萨诸塞湾,是因为那里的土地最肥沃吗?只是因为那是当初第一条船五月花号停靠的地点,而且还是在迷路的情况下。初始的区位一旦被锁定,由于报酬递增,往往就不会再变动了。

1.2 幂次现象

在复杂理论中提到,许多自然界与社会科学中的现象,都具有自我组织的特质,该理论认为系统在某些情况下会从混乱中自发地表现出秩序,而秩序的形成并非源于某些物理学或经济学等学科所描述的定理法则,而是由系统中组成份子互动所产生。幂次法则(Power Law)就是系统具有自我组织性质的证据之一。

吾人可以发觉其实幂次法则亦存在于城市系统中,它的概念与先前学者所提出的等级大小法则不谋而合。只是等级大小法则是一个观察归纳的结果,在当时还没有提到所谓自我组织这样的概念。如前所述,Krugman (1996)曾以美国城市的实际统计资料进行统计分析,亦得到同样的幂次关系。由于幂次法则是先区分规模,再观察规模与频率的关系,牵涉到如何分组的问题。Krugman 提出的方式是将城市依规模大小“排序”,再将“排序”与“规模”皆取对数,发现其亦呈现线性的关系。

2 模型设计

本研究在 Krugman 和 Arthur 的理论架构基础上,从报酬递增的观点出发,设计一个二维空间的计算机仿真实验。仿真实验的逻辑基础是将聚落体系形成的过程视为一个随机成长过程(random growth process)(Krugman,1996)。在我们的计算机仿真中,沿用了 Arthur 的分析架构,把区位的吸引力区分为区位本身的特性与聚集利益两部分。

由于在笔者先前的研究中(于如陵、赖世刚,2001)已经证明,即使是在一均质平面上,没有区位本身特性的情况下,基于报酬递增法则,仍会出现符合幂次法则之城市体系。因此本文将延续先前探讨的架构,并将重点放在迁移行为与不均质平面

下,是否会对幂次法则的城市体系造成影响。换言之,本文是尝试将原先的假设(无迁移行为的均质平面)予以放宽,在一个更一般化的情况下来看待这个问题。

另外在 Arthur 的模型中,区域的数目及区域划分是默认的,而在我们所设计的计算机模型中,聚落的数目是由系统内生而决定的,而每个聚落的聚集利益和聚落规模成正比,因此每个聚落就等于是一个小区域。

2.1 原始的模型说明

原始的模型是指依照笔者先前研究中所设计,限制在一均质平面上,且不考虑迁移行为的状况。

在这个计算机仿真实验中,将平面空间分为相同规模的方格(grid),每一个方格代表一个细胞(cell),而这个细胞代表一个最小的土地开发单元。这个细胞的概念是由细胞自动机(cellular automata)而来,虽然本文并未用到细胞自动机的理论,只是考虑二维的格子状腹地,但仍然借用细胞这个名词来代表一个最小的土地开发单元。细胞的状态只有两种情况:“未发展”与“已发展”。在初始状态下,每个细胞均为未发展状态,然后依照仿真规则,某些未发展细胞会转变成为已发展的状态。

本模拟实验存在以下的基本假设:在本实验中细胞的开发是不可逆的,以及初始状态下区域皆为未发展细胞,之后每增加一个回合,便固定新增一个已发展细胞加入区域内,而不论该细胞为系统内生或自外界迁入,因此每回合的已发展细胞增量固定为一,重点是其区位选择于何处。

本研究之方法主要以二维元胞自动机为架构,将每一细胞视为平面上的一宗土地,可以容纳一个住户单元。当细胞数目越多时,相对的运算时间会随之增加,但基于统计的观点,大样本将具有较高的可信度,因此本研究参照历年相关的计算机仿真实验,在计算机运算时间能够忍受的程度下,将模拟空间的细胞数大幅提高。本实验设计一个纵横各为两百格的方格矩阵,总计为四万个细胞。在每一回合中,会有一个已开发细胞进入本区域,选择一个居住区位,被选择的区位将由“未发展”转为“已发展”状态。因此每经过一个回合,“已发展”细胞便增加一个,如此进行 2000 回合的计算机仿真实验,以观察这些细胞所形成的聚落体系。

2.2 吸引模式设计

由于考虑到在现实世界中的区位选址,可能同时包括了“相邻”与“规模”两种考虑,也就是说,基于聚集利益,选择居住于大城市,这是一种就“规模”这个因素的思考。而在地区性的区位选择决策时上,人们也会倾向于选择一个有邻居相伴的居住环境,这就是基于“相邻”的考虑。

本研究设定的模型是将“相邻”与“规模吸引”均纳入考虑,“相邻”所考虑的是该区位周围紧邻的八个细胞中有多少已发展细胞,而“规模吸引”所考虑的是该区位相邻的聚落规模。因此在本模型中,使用以下公式来计算某区位对新细胞的吸引。

某区位对新细胞的吸引力(发展潜力值)= 聚集强度系数 $\times \sqrt{(\text{该细胞周围八个细胞的已发展细胞数} \times \text{该细胞周围紧邻的最大聚落之规模})}$

在初始状态下,区域内每个细胞的发展机率均相同,在区域内尚未有“已发展”细胞的且为均质平面的情况下,每个细胞的发展潜力值得分均设为1。依照前述的逻辑,尔后进入区域的细胞,发生在发展潜力值较高区位的机率会提高。而且发展潜力值的高低与该区位紧邻聚落的规模及该细胞周围八个细胞的已发展细胞数成正比。

2.3 加入迁移行为的考虑

由于先前的研究是假设住户一旦选定区位后,便不再迁移,而永远定居于该地。这似乎与真实状况有所差距,即使一个住户起初选择独自居住,他在日后也有可能迁往较大聚落的想法与可能性。因为当聚落的规模增大时,由于聚集经济的关系,居民能享受到更高层级的设施与服务,而使其生活品质提高。当迁移到较大聚落的利益高于迁移成本的话,住户便会采取迁移的行动。对迁移所获得利益之衡量,本模型是采取迁移前后聚落的规模差距来衡量,如下式所列:

迁移所获得之利益= 迁移后之新聚落规模-迁移前原聚落规模

而对迁移成本之衡量,则是以距离为代表。在模型的运作上,是以迁移距离的平方视为迁移成本,将距离以平方加权的理由是,根据实验结果,若以线性的距离作为成本,则城市会呈现如八爪章鱼般的向外扩散,城市有形成线性发展的情况,而非以类似同心圆的方式同步向外扩张。因此将距离以平方加权,以抑制远距离的迁移,避免城市不正

常的扩张,产生较符合真实世界的模拟结果。

如前所述,当迁移的利益高于成本时,住户会采取迁移的决策。由于本模型是设定在报酬递增的基础上,而且并不存在任何聚集不经济的限制存在(如拥挤、污染的增加等),因此理论上任何住户都有移往较大城市,尤其是首要城市之倾向,这与真实状况有相当差距。在真实世界中存在有大城市的聚集不经济与乡土情感等因素,住户不会非常热衷于迁往大城市。所以假设每个住户都随时可以迁移的行动的话,这个城市体系可能会崩解到只剩下一个首要城市,这是在报酬递增下(且不存在聚集不经济的情况),使全体居民获利最大的方式(全部的居民均居住在同一个城市),但这显然与真实世界不合。真实世界中有一定的迁移率存在,因此在本模型中也设定每一回合中,只检查固定比率的住户是否会采取迁移的行动(本模型中设定为5%),而非假设每个住户都随时可以迁移的行动,以避免整个城市体系的崩解。

2.4 打破非均质平原的假设

由于先前的研究是以均质平原作为假设,如果把这个条件解除,对于聚落体系的幂次法则有何影响,是本文探讨的重点之一。在非均质平面的情况下,某一特定区位是否能转化为“已开发”是由“该基地之地理区位发展潜力”加上“因报酬递增所带来之效益”所决定。而在均质平面的情况时,吾人仅需考虑“因报酬递增所带来之效益”此一因素。

3 模拟结果

3.1 迁移行为对聚落体系之影响

为了探讨迁移行为对聚落体系之影响,本模型尝试以不同的迁移成本及聚集强度系数的组合来进行仿真实验,结果如表1所示。

由模拟结果,可得以下结论:

(1) 在42次实验中,模型的相关系数均高达0.91以上,显示迁移行为应不影响幂次定律的发生。

(2) 当同时考虑聚集强度与迁移成本,在这两个向度所构成的平面中,有两个角落特别值得注意:当聚集强度小而迁移成本高时,将导致产生较多的小规模聚落(首市规模低于200)。当聚集强度高而迁移成本低时,将导致产生“首市独大”的现象(首市规模大于1000)。

表 1 不同迁移成本及聚集强度下之首市规模

		聚集强度	聚集强度	聚集强度	聚集强度	聚集强度	聚集强度	聚集强度
		10	20	30	40	50	70	100
迁移成本	0.1	420	606	903	1466	1380	1760	1237
迁移成本	0.2	238	878	616	687	397	1427	427
迁移成本	0.3	143	416	197	281	308	1124	454
迁移成本	0.5	106	111	164	347	400	823	417
迁移成本	0.7	87	134	140	262	350	642	597
迁移成本	1	71	103	184	423	209	592	545
不考虑迁移		31	88	202	172	238	448	812

资料来源:作者根据计算机模拟得到

(3) 不管聚集强度为多少,当迁移成本提高时,模型的系数值都有增大之趋势,显示迁移成本越低,越容易造成人口的集中,从而扩大各聚落间的人口差距。而迁移成本越高,则聚落间的差距越小,越接近原本不考虑迁移行为的模型。

(4) 有一点值得注意的是,在本模型中,并不存在之“通勤”的概念,也无法区分居住地点与工作地点是否相同,因此所导引出的结论是迁移成本越低,将越有助于大城市的成长,此点可能不完全符合真实世界的状况。

由于将迁移行为纳入模型后,并不会破坏城市体系的幂次现象,且较为接近真实世界的状况,因此后面关于非均质平面之探讨,均建立于存在迁移行为的模型之上,以求得一个较一般化的完整模型。

3.2 非均质平面对聚落体系之影响

本模型以设置高“发展潜力”平面的区域方式来表达非均质平面。“发展潜力”是指某些区位先天具有较佳的发展潜力,如优良的地理区位或有矿藏分布。

以下就非均质平面分为几种情况加以说明:

3.2.1 某“一个大范围”内有稍高的地理区位发展潜力

假设在空间中,某一个范围内具有稍高的发展潜力(比如说土壤特别肥沃,具有特殊矿藏资源,地势平坦,等等),本模型中是随机设定在半径 50 单位的范围内,其发展潜力值为 2(其他地方发展潜力值为 1)。

(1) 在三次参数值相同而随机设定不同高潜力地区的实验中,其对幂次定律的回归系数值均在 0.98 以上。显示非均质平面并不会影响聚落体系幂次法则的发生。

(2) 由聚落的分布而言,高潜力地区发生聚落

的几率会提高,首市出现在高潜力地区的可能性非常大。由于高潜力地区分布在一个较大的范围,我们可以断言在这个区域内一定会产生聚落,但无法事先确知聚落发生的确实地点,也就是说聚落的发生仍有相当的随机性,尤其是会受到先进入本地区住户对区位选择的影响。

3.2.2 某“多个小范围”内有较高的地理区位发展潜力

假设在空间中,某几个小范围内具有较高的发展潜力(比如优良的地理区位:河流、道路的交会点等),高潜力区范围如图 1 中圆圈范围所示。

(1) 在 10 次随机设定不同高潜力地区的实验中,其对幂次定律的回归系数值均在 0.96 以上。显示非均质平面并不会影响聚落体系幂次法则的发生。

(2) 当高潜力区域的数目很少时,例如三个以下,则吾人可以断言,这几个区域都能产生一定规模的聚落,但无法于事先断言首市会出现在何地,所以虽然这几个地点具有相同的发展优势,但首市的发生地点仍具有相当的随机性。

(3) 当高潜力区域数目较多时,例如六个以上,则虽然每个高潜力区域都有很大的机会发展为聚落,但在这些聚落中规模的差距却相当大,最大与最小间规模差距可能超过 10 倍(图 1)。这再次说明了,虽然这些地点具有相同的发展条件,但实际发展的状况仍身受历史因素与机遇性影响,而形成不同的发展结果。

4 讨论:城市的发生区位

由本模型我们可以看出,“非均质平原不影响幂次定律的发生,只影响城市发生的区位”。如果是非均质平原,幂次现象还是同样存在。只是城市

的区位会优先发生于发展潜力较高的区位。

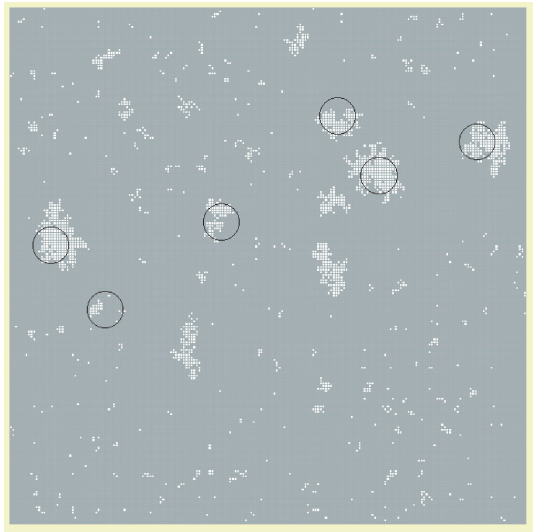


图1 非均质平原下的聚落分布图
图片来源:作者自绘

在某种意义来说,城市的发生有其必然性与机率性。当某些区域有良好的条件,会发生城市的机率相对提高,这有其必然性。传统的地理学都是如此解释城市的发生,但是在一个大范围的优良区域中,城市产生的确切位置,却是机率性的。初期的先民的选择,会影响后续的城市形成,也就是说我们不能预先知道城市发生的确切地点,但是知道它会一定发生于某些区域。

而当高潜力地区为数个小区域时,则虽然城市发生在高潜力地区的机会大为提高,但我们并无法事先指出这些具有相同条件的区域,哪一个会是未来的首市,因此城市发生的区位并非全然是能够以区位条件来解释,机遇性因素与历史背景仍占有重要之影响。

非均质平原是影响了城市的发生地点,使其更容易预测,但不影响城市体系幂次体系是否形成。在一个均质平原上,城市的发生点是完全机率性的,不可预测的。但无论是否为均质平原,并不影

响幂次定律是否发生。

5 结论

本计算机仿真实验,显示了以下几点结论:

(1)非均质平原不影响聚落体系幂次定律的发生,只影响城市发生的区位,城市的区位会优先发生于发展潜力较高的区位。在一个均质平原上,城市的发生点是完全机率性的,不可预测的。

(2)城市发生的区位并非全然是能够以区位条件来解释,机遇性因素与历史背景仍占有重要之影响。本研究认为每个城市的发生区位虽能于事后寻求合理的区位条件解释,但并非由区位条件所能完全解释的确定性行为。

(3)在报酬递增的基础之上,即使考虑迁移行为与平面非均质等因素,所得到的城市体系仍然与幂次现象高度相关,因此报酬递增极可能是形成幂次现象的机制之一。△

【参考文献】

[1] 于如陵,赖世刚. 2001. 聚落体系形成之计算机仿真实验——以报酬递增观点为基础之探讨[J],台湾土地研究,(3) 83-106.

[2] Arthur, W. B.1990. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan Press.

[3] Christaller, W.1933. *Die zentralen Orte in Sudddeutschland*, Jena, Germany: Gustav Fischer.Krugman, P.1996. *The Self-Organizing Economy*, Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publishers Inc.

[4] Zipf, G. K..1949. *Human Behavior and the Principle of Least Effort: An Introduction to Human Ecology*, Cambridge, Massachusetts: Addison-Wesley.

作者简介:赖世刚(1957-),男,壮族,广西永淳县(现横县)人,博士,同济大学建筑与城市规划学院高峰计划国际PI教授。主要研究方向:城市复杂与规划行为。

收稿日期:

Exploring Urban Locational Choice Based on Computer Simulations

【Abstract】This paper simulates the power law phenomenon for urban systems through a computer model, and explains urban locational choice through the manipulation of the model. The model shows that in addition to locational conditions for urban locational choice, stochastic and historical factors play an important role. That is, cities may not necessarily develop in lands with equal locational conditions, but are influenced by stochastic factors and historical development. Therefore, we would argue that though urban locational choice may be explained through locational conditions afterwards, it cannot be explained completely as determinant behavior due to location conditions. The model also shows that on the basis of increasing returns, even considering migration behavior on a heterogeneous plane, the resulting distribution of cities remains highly correlated with the power law phenomenon; therefore, increasing returns might be one of the mechanisms behind the power law phenomenon.

【Keywords】 Cities; Locations; Settlement Systems; Increasing Returns; Power Law