The Empirical Study of Club Convergence of Innovation Capacity in Chinese Regions

Sun Jian

Research Center of the Economy of the Upper Reaches of the Yangtze River, School of Economy and Traade, Chongqing Technology and Business University，Chongqing, China, 400067

sun1974@ctbu.edu.cn

Abstract: Borrowing ideas from the theory of regional economic convergence, based on the parametric and nonparametric methods, the convergence or disconvergence and the club convergence or club disconvergence of innovation capacity in Chinese regions are studied. The innovation capacity is indexed by the patent applications per ten thousand of the scientist and engineer in each region; the empirical results show that there is conditional convergence of innovation capacity in Chinese regions. The results of the threshold regression model with panel data show that there exist two kinds of club convergence. At the same time, the s-gini index of regional innovation capacity in the inside of the clubs and the results of classical club convergence panel data model and nonparametric model show that there are truly two kinds of club convergence of innovation capacity in Chinese regions.

Keywords: human capital threshold; innovation convergence; panel data threshold regression model; gini index; nonparametric density

中国区域创新能力俱乐部收敛研究

孙建

重庆工商大学长江上游经济研究中心，重庆，中国，400067

sun1974@ctbu.edu.cn

[**摘要**]借鉴区域经济收敛理论，基于参数与非参数方法，利用中国区域 1996-2007 年的省际数据，研究了中国区域创新能力的收敛性及收敛的俱乐部特性。以区域每万名科技活动人员所拥有的专利申请量来表示区域创新能力，实证结果主要有：中国区域创新能力存在条件收敛特性；中国区域创新能力存在着两大俱乐部收敛现象；俱乐部内部基尼系数、经典俱乐部收敛面板模型及面板数据非参密度估计进一步确认了俱乐部收敛的存在。

[**关键词**]人力资本门槛；创新收敛；门槛面板回归；基尼系数；非参数密度

1 引言

继区域经济收敛[1-6]之后，区域创新能力收敛也引进了学者们的广泛关注。研究表明，区域经济发展水平的收敛只是一种表象，在这种表象背后的一些因素，如区域在技术资源及其创新活动方面存在的某种程度的收敛才是区域经济发展水平收敛的深层内在力量。Grossman和Helpman（1994）[7]内生增长理论表明，技术进步和创新作为维持人均收入持续增长的“发动机”，是导致不同国家和地区经济发展差距的源泉。Archibugi和Pianta(1994)[8]认为，如果国家创新能力存在收敛性，那么可能引起不同国家人均产出或人均劳动生产率出现收敛，经济收敛需要国家相应的创新能力收敛。Patel和Pavitt（1994）[9]较早研究了OECD国家技术创新活动的收敛或发散问题。David T. Lei（2000）[10]研究表明，当一个产业部门被商业化的创新显著地影响或改变其它产业部门的产品生产性质、竞争力、及新创价值时，产业部门的技术收敛才会发生。Furman、Porter and Stern（2002）[11]研究了国家层面的创新问题，指出创新基础设施、集群创新环境及二者的交互作用是其重要影响因素，并研究了OECD国家创新收敛情况，结果表明在过去 25 年中，OECD国家创新存在收敛现象。Jungmittag(2006)[12]利用时间序列与面板数据的单位根方法，研究了欧盟 15 个国家 1963-1998 年创新能力的收敛或发散问题，结果表明以专利为创新指标的区域创新能力存在着收敛现象。D CASTLE, R Loeppky, M Saner（2006）[13]通过案例研究，说明了生物技术创新的收敛性。国内学者对该问题也进行了一些探索。陈向东、王磊（2007）[14]研究了基于专利指标的中国区域创新俱乐部收敛特征，发现 1996-2005 年间，我国东、中、西部三大区域之间没有呈现显著的俱乐部收敛特征。白俊红等

*资助信息：国家社科基金项目（07XJL006）。孙建，重庆工商大学经贸学院讲师。

978-1-935068-05-1 © 2010 SciRes.

（2008）[15]研究了中国区域创新效率的收敛性问题，结果表明全国总体及三大地区创新效率存在着条件收敛，人力资本对创新效率收敛的作用显著。

综合相关文献可以发现，当前国内外对区域创新收敛问题的研究还不够深人，研究对象主要集中于发达国家，对发展中国家的研究鲜有涉及，而这类研究显然对发展中国家更为迫切，尤其对我国这种幅员比较广、区域差距比较大的国家来说就更加必要。如能说明我国区域创新呈现收敛特性，则必将对国家制定缩小区域差距政策产生积极影响。为此，本文在借鉴区域经济收敛理论的基础上对中国区域创新的敛散性进行研究。

与以往研究相比，本文研究具有以下特点,第一，对区域创新收敛问题的分析采用统计方法与参数及非参数计量经济模型相结合的方法，从而使结论可具可靠性；第二，本文利用门槛面板回归模型研究得出的区域创新收敛俱乐部特征是由样本数据本身决定的，因而对俱乐部的划分更具合理性。

2 计量模型、方法及数据

2.1 模型设定及参数估计方法

在实证研究中，检验俱乐部收敛主要有以下几种方法：

（1）通过统计指标法来研究收敛问题。常用指标有：σ收敛指数、变异系数、基尼系数和泰尔指数等(陈晓玲、李国平，2007)[16]。本文利用S-基尼系数来衡量中国区域创新能力差异，基尼系数减小，表示中国区域创新能力差异在缩小，说明其具有收敛特性；否则，具有发散特性。S-基尼系数表达式为：

$$I_{F,v} = 1 - \frac{v}{u}\int_0^1 F^{-1}(t)(1-t)^{v-1}dt \quad (v>0) \qquad (1)$$

式（1）中，$I_{F,v}$表示S-基尼系数，v是一个正的权重系数（其取值为 2 时便得到标准基尼系数），u是变量P的均值，F表示变量P的累积分布函数（Ričardas Zitikis and JosephL Gastwirth，2002[17]；白菊红，2002[18]）。

（2）面板数据回归。根据经济增长收敛研究的一般方法[1-6]，收敛模型一般表述如下：

$$\log(P_{it}/P_{it-1}) = \alpha + \beta \cdot RDE_{it} + \gamma \cdot P_{it-1} + \varepsilon_{it} \qquad (2)$$

将研究区域划分为不同次区域，对不同次区域分别运用式（2），当P_{it-1}的系数显著为负时就可以认为存在俱乐部收敛。变量RDE_{it}用于检验收敛的条件性。

（3）面板门槛回归。

上述两种检验俱乐部收敛的方法都需要预先设定俱乐部，然后再用统计或回归法来进行确认。这一方法存在着如Delong（1988）所指出的样本选择问题。为此，用下面的具有内生样本选择功能的面板门槛回归模型来解决这一问题。根据Hansen(1999)[19]、Hsiao(2002)[20]、Tsung-Wu(2006)[21]等人的研究，如果假定模型中存在着以研发人力资本为门槛（有一个门槛）的情况，则收敛模型表述为：

$$\log(P_{it}/P_{it-1}) = \alpha + \beta \cdot RDE_{it} + \gamma_1 \cdot P_{it-1} \cdot I(H_{it} \le TQ) + \gamma_2 \cdot P_{it-1} \cdot I(H_{it} > TQ) + \varepsilon_{it} \qquad (3)$$

式(1)—(3)中，P表示区域创新产出；RDE表示区域R&D投入；H表示区域从事研发活动的人力资本。式（3)用于检验区域创新是否存在条件收敛及收敛的俱乐部内生效应。式（3）的估计则使用动态门槛面板的改进最小二乘法，Hansen(1999)[19]、Hsiao(2002)[20]、Tsung-Wu(2006)[21]对此做了详细论述。模型中参数在模型残差不存在异方差的情况下,通常的t检验是有效的，为克服异方差，本文使用White异方差修正方法进行稳健估计。

2.2 变量选择及样本数据

依据Griliches(1990)[22]等学者的研究，本文将区域创新行为视为生产过程，每个区域视为创新活动的生产单元，各自使用一定的创新投入资源，得到创新产出。许多相关研究在表示创新投入要素时，一般使用研发经费支出和从事研发的科学家工程师人数这两项指标。对于创新产出变量，一般采用新产品销售收入、专利数等指标来表示。本文选取了专利申请数作为创新产出指标，孙建、齐建国（2009）[23]论述了其合理性。为了消除变量可能存在的异常值问题，本文所用变量都采用的是相对量。因此，式（1）—（3）中,区域创新产出P用区域每万名科技活动人员所拥有的专利申请量来表示（单位：件/每万名科技活动人员）；区域科技经费投入强度RDE用区域科技经费支出总额与区域生产总值的比例来表示（单位：%）；区域从事R&D活动的人力资本H用区域每百平方公里科学家工程师人数来表示（单位：人/每百平方公里）。有关样本数据的统计特征见表 1。表 1 中样本总量为 360，包括我国除西藏以外的 30 个省区 1996-2007 共计 12 年的数据。

在研究过程中，将中国区域分为东中西部三大俱乐部。传统的划分方法，东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、、海南 11 个省市区；中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南 8 个省区；西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙、广西 12 省区。

Table 1.statistics of innovation varialbe in each region

表 1. 区域创新变量统计描述

变量	均值	标准差	最小值	最大值
P	547.01	404.42	73.63	2464.33
H	162.55	438.31	0.50	2922.81
RDE	1.89	1.57	0.27	9.65

数据来源：《中国科技统计年鉴 1997-2008》。

3 实证结果分析

图 1 是利用 S-基尼系数对中国东中西部创新能力指标 P 进行测量的结果。以 dgini、zgini 和 xgini 分别表示东、中、西部区域创新产出的基尼系数。由图可知，东部地区创新产出基尼系数的波动可以分为两个阶段，1996 到 2000 年具有明显的收敛特征，2001 到 2007 年具有发散特征。中部地区发散趋势较为明显，而西部地区收敛趋势较为明显。可以认为，东部地区存在阶段的俱乐部收敛，中部地区不存在俱乐部收敛，西部地区存在俱乐部收敛。

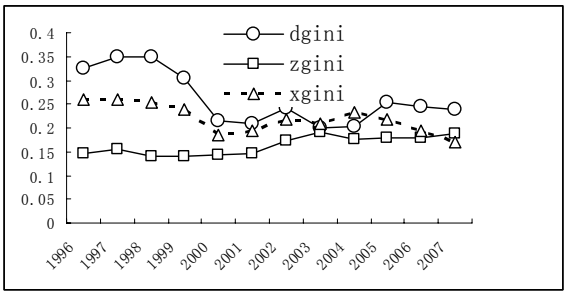

Figure 1.Curves:the s-gini of each region innovatin

图 1. 中国区域创新能力动态差异

下面利用模型（2）分别对东中西部进行回归，结果如表 2. 表 2 中模型的选择是根据 HAUSMAN 等检验确定的。由表 2 可知，东、西部地区创新能力存在着俱乐部收敛，中部地区创新能力不存在收敛问题。

Table 4. Regression coefficient of classical club convergence model

表 2. 三大区域回归结果

东部（固定效应）	系数	T 值	P 值	Wald 值	P 值
P_{it-1}	-.0002	-3.86	0.000		
RDE_{it-1}	.131	3.96	0.000	10.18	0.001
常数	-.040	-0.55	0.585		
中部（POOL 估计）	**系数**	**T 值**	**P 值**	**Wald 值**	**P 值**
P_{it-1}	-.00004	-0.51	0.610		
RDE_{it-1}	.081	3.36	0.001	5.82	0.004
常数	-.021	-0.51	0.608		
西部（固定效应）	**系数**	**T 值**	**P 值**	**Wald 值**	**P 值**
P_{it-1}	-.0005	-3.13	0.002		
RDE_{it-1}	.151	2.60	0.011	5.31	0.001
常数	.022	0.29	0.772		

表 3 列出模型（3）门槛个数检验结果，门槛变量是区域研发人力资本 H，F 表示似然比检验统计量，P 值是重复抽样 500 次后计算得到的相伴概率值。显然，可以在 1%的显著性水平下拒绝“有 1 个门槛”的原假设而接受“有 2 个门槛”，说明样本存在 2 个门槛值。

Table 3. Examinatiion of the number of threshold

表 3. 门槛个数检验

原假设 / 统计量	无 1 个门槛	有 1 个门槛	有 2 个门槛
F 值	12.41	10.75	9.04
P 值	0.000	0.000	0.012
临界值（1%）	8.39	6.64	9.21

Table 4. Estimation of the threshold value

表 4. 门槛值估计

门槛变量	估计值	95%置信区间
门槛值 H1	6.3	[6.3，7.54]
门槛值 H2	109.17	[84.73，144.06]

表 4 给出了模型（2）门槛值的有关统计特征。本文的门槛估计值分别为 6.3 和 109.17，从而将样本可以划分为三个部分，即将样本划分为三个俱乐部。

Table 5. Regression coefficient of single threshold regression

表 5 2 门槛方程回归系数

俱乐部	解释变量	系数	T 统计值	相伴概率
	RDE_{it-1}	0.1219	5.4684	0.0000
H<H1	P_{it-1}	0.0001	0.7545	0.4512
H1<H<H2	P_{it-1}	-0.0004	-6.4487	0.0000
H>H2	P_{it-1}	-0.0002	-4.8249	0.0000

注：本文所有表中数据均做了四舍五入处理。

978-1-935068-05-1 © 2010 SciRes.

表 5 列出在样本存在两个门槛值的情况下模型（3）的参数估计（由 Stata 软件完成）。由表 5 可知，在 1%的显著性水平下，当 H<H1 时区域创新能力不存在收敛情况，当 H1<H<H2 时区域创新能力存在收敛，当 H>H2 时区域创新能力也存在着收敛现象，只是这两种情况的创新能力收敛速度不同而且。

以上所用计量经济模型均属参数计量经济模型研究范畴，参数计量经济模型存在着模型设定误差问题。因此，本文再用非参数方法对中国区域创新能力的俱乐部特性进行研究。利用 R 软件的非参数计量模型软件包，得到如图 3 所示的 1996-2007 各区域专利申请量的非参数条件概率密度图，其中纵坐标表示条件密度。由图 2 可知，在 1996 年，中国区域专利申请量非参数条件概率密度存在着明显的“双峰”现象，说明以专利申请量表示的区域创新能力存在二个俱乐部收敛特性。随着时间的推移，该二俱乐部趋势有所弱化，三俱乐部趋势有所呈现，特别是在 2007 年，中国区域专利申请量的三俱乐部收敛特征非常明显。但总体来说，非参数概率密度图仍然提示出中区域创新能力具有的二俱乐部收敛特性。这与模型（3）的估计结果也是一致的。

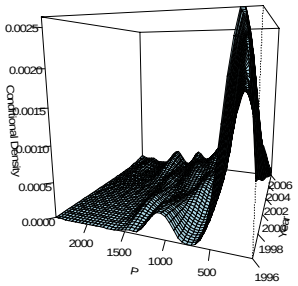

Figure 2. the nonparametric conditional density of patent application

图 2 区域专利申请量非参数条件密度

4 结论及进一步研究

本文借鉴区域经济收敛理论，基于 s-基尼系数、面板回归模型及非参数密度估计法，利用中国区域 1996-2007 年的省际数据，研究了中国区域创新能力俱乐部收敛问题。主要结论为：第一，中国区域创新能力存在着俱乐部收敛效应。中国区域创新能力可以划分为三个俱乐部，其中两个俱乐部创新能力收敛，一个俱乐部创新能力发散。第二，中国区域创新能力的二俱乐部收敛特性确实存在。

我国区域创新存在着以研发人力资本为门槛的俱乐部收敛效应，对我国技术创新工程实施的深化、区域创新中心的宏观布局以及缩小区域差距政策的制定无疑具有重要的启发作用。研究结论一方面说明我国在新世纪的发展过程中，要缩小区域间的经济发展差异，加大区域研发投入是其中的一个重要条件。加大区域研发投入可以促进区域创新收敛，从而为实现区域经济收敛创造一个条件。另一方面也说明国家在加大区域研发投入的过程中，必须要考虑区域特征，对各个俱乐部要区别对待，在区域科技创新引导方面要有梯度性，对不同区域的创新活动要有一个宏观指导。

Reference(参考文献)

[1] Ramsey E. A Mathematical Theory of Saving [J]. Journal of Economics, 1928, 38 : 543 – 559.
[2] Barro R J, Sala - I - Martin X. Convergence [J]. Journal of Political Economy, 1992, 100(2):223-251.
[3] Mankiw N, Romer D, Weil D. A Contribution to the Empirics of Economic Growth [J]. Quarterly Journal Economics, 1992, 107(2) : 407 -438.
[4] Dowrick S, Rogers M. Classical and Technological Convergence: Beyond the Solow -Swan Growth Model [C]. Oxford Economic Papers, 2002, 54:369 -385.
[5] Ben - David D. Convergence Clubs and Subsistence Economies [J]. Journal of Development Economics, 1998, 55 : 155 - 171.
[6] Baumol W J. Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long - run Data Show [J]. American Economic Review, 76(5) : 1072 - 1085.
[7] Grossman, Helpman. Endogenous innovation in the theory of growth[J]. Journal of Economic Perspective, 1994.8(1):23~44.
[8] Arechibugi D and Pianta M.Aggregate convergence and sectoral sepcialization in innovations[J].J Evol Econ,1994(4):17-33.
[9] Patel P and Pavitt K.Uneven(and divergent) technological accumulation among advanced coutries:evidence and a framework of explation[J].Ind Corp Changes,1994(3):759-787.
[10] David T. Lei. Industry evolution and competence development: the imperatives of technological convergence[J]. International Journal of Technology Management,2000(7-8):699-738.
[11] Furman,J.L.,Porter,M.E. and Stern,S., The determinants of national innovative capacity[J]. Research Policy,2002,31(6): 899-933.
[12] Jungmittag,A., Innovation dynamics in the EU: convergence or divergence? A cross-country panel data analysis[J].Empirical Economids, 2006,31,313-331.
[13] D CASTLE, R Loeppky, M Saner. Convergence in Biotechnology Innovation: Case Studies and Implications for Regulation[R]. Report University of Guelph, Canada, 2006.
[14] 陈向东、王磊.基于专利指标的中国区域创新的俱乐部收敛特征研究[J],中国软科学，2007（10）：76-85.
[15] 白俊红、江可申、李婧.中国区域创新效率的收敛性分析[J].财贸经济，2008（9）：119-124.
[16] 陈晓玲、李国平.地区经济收敛实证研究方法评述[J].数量经济技术经济研究，2007，（8）：151-160.
[17] Ričardas Zitikis and JosephL Gastwirth. THE ASYMPTOTIC DISTRIBUTION OF THE S-GINI INDEX[J]. Aust.N.Z.J.Stat.44(4),2002,439–446.
[18] 白菊红.省际间农民收入分配不均等及影响因素的 S-GINI 分析[J].河南农业大学学报，2002，（36）4：401-404.
[19] Hansen, Threshold Effect in Non-dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J].Journal of Econometrics, 1999(93): 345 — 368.
[20] Hsiao, Analysis of Panel Data[M]. Cambridge: Cambridge Press,2002.
[21] Tsung-Wu, Income Thresholds and Growth Convergence: A Panel Data Approach[J]. The Manchester School, 2006(2): 170—189 .
[22] Griliches, Z. Patents stastics as economic indicators: A survey[J]. Journal of Economic Literature[J]. 1990, 28: 1661-1707.
[23] 孙建、齐建国.人力资本门槛与中国区域创新收敛性研究[J]. 科研管理,2009(6):31-38.