

文献计量分析在日本技术预见中的应用

陈 春 肖仙桃 孙成权

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆 兰州 730000

〔摘要〕介绍日本第8次技术预见中文献计量分析的应用理念、具体实施方案、结果分析以及对科学研究的发展期望。重点介绍实施方案中如何利用文献计量分析确定快速发展的研究领域、对这些领域的内容分析以及这些研究领域中日本研究水平分析。最后对文献计量分析应用于日本技术预见中的优点进行总结。

〔关键词〕文献计量学 引文分析 内容分析 技术预见 日本

〔分类号〕G350

The Application of Bibliometrics Analysis on the Technology Foresight in Japan

Chen Chun Xiao Xiantao Sun Chengquan

Lanzhou Branch, National Science Library, CAS, Lanzhou 730000

〔Abstract〕This paper introduces the application ideas, implementation ways and result analysis of bibliometrics analysis on Japan's eighth technology foresight. Especially the study on rapidly-developing research areas which got by using bibliometrics analysis, content analysis, Japan's research level of these areas are discussed. At last, the advantages of bibliometrics analysis on the technology foresight in Japan are summarized.

〔Keywords〕bibliometrics citation analysis content analysis technology foresight Japan

1 引言

日本是世界上最早由政府组织大规模技术预见调查的国家。日本将技术预见作为一种活动方式是在20世纪60年代末提出的。从1955年起,日本经济持续高速增长,到60年代末,日本的国民生产总值跃居世界第二位。这一时期日本经济高速发展在很大程度上得益于大量的引进国外先进技术,大大缩短了日本产业技术赶超世界先进水平的年限。但由追随者转变为世界经济领袖之后,日本的经济发展何去何从?这成为当时日本朝野普遍关心的问题,客观上需要政府在制订科技政策时要有前瞻性和预见性。成立于1966年的日本科学技术经济学会(JATES)组织的一些重要活动和学术探讨为日本技术预见模式的形成奠定了良好的基础。20世纪70年代初,JATES的技术预见专家极力提倡在技术预见的德尔菲法调查中,政府应充当重要角色。与此同时,他们还向政府提出了一套适应日本本土的技术预见方法,随后此方法被推荐给日本科技厅。该方法主要基于四条著名原理:需求性原则;全面性原则;可评价性原则;可预见性原则。依据这套方法,日本科技厅于1971年成功地进行了全国范围内第一次技术调查活动。这标志着日本成为世界上第一个运用“德尔菲”

法在国家层面进行全国范围技术预见活动的国家^[1]。

从1971年开始,日本每5年都要进行一次技术预见调查,目前共完成了8次。2005年5月13日,日本文部科学省科学技术政策研究所发布了第8次技术预见调查报告。日本的第1-7次技术预见只采用了德尔菲法,通过分析问卷调查结果,对未来30年的技术发展进行预测。第8次技术预见除继续使用德尔菲法外,还新增加了社会经济需求调查、基于文献计量分析方法的快速发展研究领域调查以及基于专家对重要研究领域评价的情景分析调查等三种调查方法。这4种调查方法的特征及关系如图1所示^[2]。下面将重点介绍文献计量分析方法在日本技术预见中的运用。

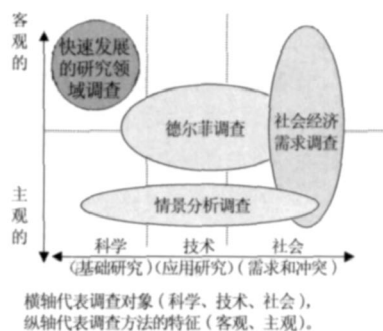


图1 第8次技术预见中4种调查方法的特征及关系

收稿日期:2006-08-23 修回日期:2006-11-22 本文起止页码:52-55

2 应用理念

利用文献计量分析开展的快速发展科学研究领域调查主要目的是: 了解哪些研究领域是快速发展的领域; 了解这些快速发展的研究领域呈现怎样的变化趋势; 在这些发展领域中, 日本的发展水平如何(在全世界范围内), 等等。

文献计量分析方法降低了调查过程中的主观性, 较为客观地反映了研究成果的产出, 为日本第8次技术预见调查的情景分析调查中研究领域的确定提供了基础数据, 同时也为日本第三期国家科学技术基本计划制定中确定战略重点科学技术提供了客观的科学依据。主要表现在: 不只局限于已知学科的分析, 而是对研究领域整体的全面分析; 是基于统计信息的研究领域的客观分析; 是同一种方法的持续分析。因此, 利用该方法进行持续性调查能够掌握新产生的研究领域以及持续发展的研究领域^[3]。

3 实施方案

在这次调查中, 用于文献计量分析的论文数据库是 Thomson ISI 公司的 ESI 数据库。调查小组于 2003 年和 2004 年分别做了以下工作: 2003 年: 论文数据库分析法的开发; 利用论文数据库分析遴选出研究领域; 对遴选出的前 51 项研究领域进行内容分析。2004 年: 对遴选出的 52 - 153 项研究领域进行内容分析; 研究领域的时间变化分析; 研究领域重点研究机构的分析。

3.1 利用论文数据库分析遴选出研究领域

3.1.1 研究前沿的确定 调查选取 1997 - 2002 年间发表的论文中 (ESI 的 22 个学科领域) 被引频次居前 1% 的高被引论文 44 809 篇, 并利用同引关系对论文进行聚类来遴选出研究领域。

同引阈值满足 $N_{AB} \geq 2$ 和 $N_{common} = N_{AB} / (N_A^{1/2} N_B^{1/2}) \geq 0.3$ 两个条件。 N_{AB} 是同时引用了论文 A 和 B 的论文数量, N_A 和 N_B 分别是引用了论文 A 和论文 B 的数量, N_{common} 是归一化的同引频次。

形成研究前沿的论文 A 和 B 称为同引文献对。随着研究前沿的不断发展, 因同引关系联系在一起的论文数不断增加, 同引对的数量也逐渐增加。另外, ESI 的研究前沿每两个月更新一次, 同引对的数量也随着发生变化, 研究前沿会发生消失或分化的情况。

对同引文献对的标题和文摘进行频次解析后得到了研究前沿的关键词、同引对的数量、同引对的平均出版年、同引对的被引用数、每一同引对的被引用数的平均增长率、回归直线的斜率^[4]。被引频次的平均增长率为:

$$\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{y_{i+1} - y_i}{y_i} \times 100$$

y_i 是第 i 年每一个同引对的对引频次。回归方程是一次函数。运用同引关系对被引频次居前 1% 的 44 809 篇高被引论文进行聚类集簇后, 得到了 5 221 个研究前沿 (research frontiers)。

3.1.2 研究领域的确定 利用同引关系确定出的研究前沿尽管研究内容有类似之处, 但也有因为同引频次少而无法集簇, 出现了一些相对独立的研究前沿。

研究领域是将研究前沿进行聚类后得到的。具体做法是将每一个研究前沿设想成一篇论文, 分析这些研究前沿间的同引关系, 将具有同引关系的所有研究前沿聚类集簇。最终得到 679 个研究领域 (research areas)。在 5 221 个研究前沿中, 有 3 906 个研究前沿包含在 1 个或多个研究领域中。

3.1.3 快速发展的研究领域的确定 快速发展的研究领域是从 679 个研究领域中选取出来的。具体方法是: 统计 1997 - 2002 年每一年包含在各研究前沿中的同引对的对引频次, 计算此间被引用频次增减的增长率和回归直线的斜率, 然后计算出 22 个学科领域 (ESI 分类) 中每个学科领域研究前沿的被引用频次的增长率和回归直线斜率的平均值。从研究前沿中选取各学科领域中平均增长率和回归直线斜率平均值同时增加的研究前沿, 这部分研究前沿共有 984 个, 约占整个研究前沿的 20%。另外, 属于多学科领域的研究前沿, 只要超过任何一个学科领域的平均值, 就被计入被引用数快速增长的研究领域。对研究领域中被引用频次快速增长的研究前沿按照降序进行排序, 选取 51 个快速发展的研究领域, 每个快速发展的研究领域含有 4 个以上被引频次快速增长的研究前沿。51 个研究领域共包含了 6 744 个同引对, 1 350 个研究前沿。

3.2 研究领域的内容分析

3.2.1 研究领域的图谱化 通过制作研究领域的图谱可以从视觉上直观的了解研究领域的确定过程。图谱中的每个圆代表一个研究领域, 圆上的数字代表研究前沿的 ID 号; 圆的面积与同引对的总被引频次成比例; 深色的圆代表同引对的对引频次增长比较显著的研究前沿; 斜线代表 2002 年新出现的研究前沿; 同引关系越强圆离的就越近, 关系越弱离的就越远。具有最强的同引关系的研究前沿之间用直线联接。

3.2.2 研究领域的内容分析 研究领域的分析主要依据于研究领域的图谱及研究领域的论文表。其主要内容包括研究领域名称、关键词、研究领域的说明以及研究领域图谱的解释这 4 个方面。这些相关论文的解释由科学技术政策研究所科学技术动态研究中心从事本学科领域的专职人员担当。

与专家合作, 对研究领域名称、研究领域解释的准确与否、利用同引关系掌握研究领域的妥善性等意见进行收集, 然后对一些研究领域名称和研究领域的说明做一些更改。

3.3 快速发展的研究领域的分析

对 22 个学科领域的同引对聚类后得到的 153 个快速发展的研究领域 (以下称发展领域) 进行学科领域分类, 可以得到:

60%以上的同引对属于发展领域的学科。在不超过60%的情况下,把不偏向特定学科的区域划分在跨学科领域。

153个发展领域的学科分布情况是:临床医学、植物学与动物学等与生命科学相关的学科有47个,其中有25个发展领域是临床医学学科;化学、物理学、工程科学、材料科学等学科有33个;环境/生态学、地球科学等学科有9个发展领域。还从宇宙科学和数学等学科中遴选出了少数几个发展领域。另外,153个发展领域中有30%以上属于跨学科领域。

3.3.1 研究领域间的相关性 对构成发展领域的同引对论文的22个学科领域分布进行比较,利用重力模型法绘制出研究领域间的相关性图。同引对的学科领域分布相似的领域呈现出向一个地方靠拢的倾向。

图谱中圈外部的研究领域属于同引对超过60%以上的学科领域,圈内部的研究领域被认为是跨学科范畴。这153个发展领域中,同引对日本论文所占比值的平均值为7%。

3.3.2 各研究领域中日本的研究优势 在这153个发展领域中,有54个发展领域属于跨学科领域。其中,ESI中的临床医学、植物学与动物学、生物学等10个学科领域划定为生命科学范畴,物理学、数学、工程科学划定为物理范畴,化学和材料科学划定为化学范畴^[5]。

构成研究领域的同引对日本论文所占比率可以做为研究领域日本研究优势的一个指标。统计数据中,在多个作者的情况下,只要所属机构之一是日本籍就可以计入日本论文。

优势较大的研究领域。153个发展领域中,物理学、化学、植物学与动物学的研究领域中,日本的优势相对较大。在跨学科领域也可以看到日本在此方面所做出的努力。物理学12个发展领域中,有8个发展领域的日本论文都超过了8%,其中有4个发展领域的日本论文超过15%。日本论文比率最高的发展领域是“钙钛矿相锰氧化物的物理特性研究”,论文数接近50%,是153个发展领域中最高的。化学的13个发展领域中,7个发展领域的日本论文超过了7%,其中“有机光色学材料及其光应答功能利用”和“高效碳—碳结合的有机合成反应”发展领域超过了15%。生命科学中的植物学与动物学学科领域中,9个发展领域中有6个发展领域日本论文比率超过7%。特别是关于“生物钟”的研究,日本论文达到18%。“蛋白质折叠的研究”(生物学与生物化学)、“宿主抵御微生物的原理研究”(免疫学)方面日本论文数也较多。跨学科领域中的16个发展领域中,日本论文也超过了7%。跨学科领域虽然是日本比较薄弱的领域,但也具有一定的优势。

优势较小的研究领域。在临床医学、环境与生态学、工学等研究领域,日本的优势相对比较小。临床医学的25个发展领域中,有16个发展领域没有日本论文。环境与生态学、工程科学中日本论文超过7%的研究领域只有1个。但是临床医学和免疫学、生物学与生物化学等基础生物学的跨学科领

域,比如“前列腺素的分子功能的阐明”、“脂肪细胞分泌激素”、“关于过氧化物酶体增殖物激活受体的研究”、“细胞凋亡的分子机理”、“端粒酶研究”等发展领域的日本论文比率超过7%。认为这是由于构成跨学科领域的同引对中,免疫学、生物学与生物化学方面日本论文比率比较高。

各学科领域中的日本优势。通过分析可以看出,农业科学、药学与毒理学、材料科学等学科领域不是很突出,日本论文数较多的学科领域依然是物理学、植物学与动物学、化学。而且学科领域调查结果的最大特征是在免疫学、药学与毒理学等学科领域日本论文数较多。由于这些学科领域中的发展领域只遴选出了少数几个,这些论文被划分到了跨学科领域。材料科学学科领域的日本论文数较低,但在“日本研究活动的水准标点”调查中,材料科学是22个学科领域中日本论文数最多的学科,这与本调查结果有很大出入。为了弄清原因,本调查对构成679个研究领域的同引对(约17 000篇)中日本论文数做了调查分析,结果显示材料科学中日本论文数最多。而在构成153个发展领域的同引对中材料科学的日本论文数较低的原因是153个发展领域不含日本论文数较多的学科领域。另外,尽管日本论文数较高,但没有被作为发展领域遴选出的研究领域有“高硬度金属材料的研究”和“非晶体合金的研究”,前者的日本论文数约为80%,后者约为40%。

3.3.3 研究领域的时间分析 首先是研究领域变化的模式。研究领域的发展模式主要有4种。在2002年数据中出现而在2001年数据和2003年数据中没有出现的研究领域为数不多。含有4个以上快速增长研究前沿的研究领域在这三个数据年份中大约都有50个。其中大约有30个研究领域是上年延续下来的含有4个以上快速增长研究前沿的领域,约10个研究领域是上年延续下来的含有2-3个快速增长研究前沿的领域,另外10个研究领域是新发现的研究领域。含有2-3个快速增长研究前沿的研究领域中,有20%是上年延续下来的含有4个以上快速增长研究前沿的领域,有20%是上年快速增长研究前沿的研究领域,还有60%是新发现的研究领域。

其次,为了跟踪研究领域质的变化,对同引对的时间变化进行了分析。以碳纳米管研究领域为例:1998-2003年间的同引对中,美国论文位居第一,但其值却从60%大幅下降到30%。日本由1998年的20%减少到2003年的15%。中国与韩国的论文数上升很快。2003年,中国论文数超过日本并位居第二。从发表论文的学科领域来看,1999年发表在物理学和多学科的论文较多,发表在化学和材料科学领域的论文呈逐年增加的趋势。而近年来,发表在生物学、生物化学以及工程科学领域的论文很少^[3]。

3.3.4 快速发展的研究领域与德尔菲调查中技术领域的关系

第8次技术预见中德尔菲法调查共对13个技术领域858项课题进行了调查(第7次是16个技术领域1 065项课题),这13

个技术领域分别是:信息与通信;电子;生命科学;保健、医疗与福利;农、林、渔业与食品;前沿学科(空间科学、海洋与地球科学);资源与能源;环境;纳米技术与材料;制造;产业基础(销售、商业与管理);社会基础(城市化与建设;运输);社会技术(教育、学习与公共服务)。将153个快速发展的研究领域划分到德尔菲法中的13个技术领域:信息与通信4个;电子7个;生命科学44个;保健、医疗与福利36个;农、林、渔业与食品7个;前沿学科8个;资源与能源3个;环境14个;纳米技术与材料14个;制造6个;产业基础5个;其它5个^[6]。

在《快速发展的研究领域》的报告中,提出了日本科学研究领域应该重视以下几点:

跨学科、交叉学科领域:日本在跨学科、交叉学科比较薄弱,但在本次调查中跨学科、交叉学科领域有相当多的领域其论文数占7%以上。这些领域可以说是日本处于优势的物理、化学、植物与动物学等领域的分支。因此,日本要灵活应用这些领域的人才以及知识,去开拓新的研究领域。

为挑战新研究领域改善研究环境:材料科学领域是日本具有较强优势的领域,但是在本次调查中却得到了与此相反的结论。这是由于在这些学科和领域中,研究人员是影响已有数据转移到新研究领域的主要因素。应该改善研究环境促进新的研究领域发展。

研究领域发展中公众研究开发和支援的重要性:研究领域的内容会随时间变化,特别是生命科学领域。经常掌握研究领域发展去向,必须相应的将基础研究顺利的转移到重点研究领域中去。

定期观测研究领域发展态势^[7]。

4 结 语

中国科学院科技政策与管理科学研究所技术预见课题组从2000年起开展技术预见理论方法研究。2003年4月,中国科学院高新技术研究与发展局批准了知识创新工程重要方向项目——中国未来20年技术预见研究,启动了“信息通信与电子技术”、“能源技术”、“材料科学与技术”和“生物技术与药物技术”4个领域的技术预见,主要分析了32个技术子领域的409项技术课题的重要性、预计实现时间、实现可能性、目前我国研究开发水平、国际领先国家和发展制约因素。采

用的调查方法是德尔菲法^[2]。这次技术预见借鉴了美国、日本、英国、德国等一些国家技术预见的成功经验。

日本的第8次技术预见对第1-4次技术预见中所预见的技术实现率做了统计,分别为69%、68%、73%和66%。实现率较高的技术领域是生命科学、保健医疗、农林水产、环境安全以及都市土木建筑,实现率低的技术领域是交通运输与资源能源^[6]。

文献计量分析方法的引入更加完善了日本技术预见的方法,充实了技术预见的客观性,并通过对科学技术的代表产物——论文进行分析,全面、客观的掌握快速发展的研究领域。文献计量分析在一定程度上弥补了德尔菲法中受主观因素影响的缺点,同时有助于德尔菲法中问卷调查的课题设计更加合理。通过文献计量分析,更加清楚的了解到日本科学研究的发展水平,为日本政府制定未来重点技术领域和学科领域方向提供了客观的科学根据。前7次技术预见的重要性在日本的第一期(1996-2000年)国家科学技术基本计划和第二期(2001-2005年)国家科学技术基本计划中得到了体现。第8次技术预见调查也为日本制定第三期(2006-2010年)国家科学技术基本计划提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 孙中峰. 技术预见在日本. 世界科学, 2002(7):41-43.
- [2] 中国未来20年技术预见研究组. 中国未来20年技术预见. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 科学技术政策研究所. 快速に発展しつつある研究領域調査(NISTEP REPORT No.82).[2005-05-26].<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep082j/pdf/rep082j.pdf>.
- [4] 加菲尔德. 引文索引法的理论及应用. 侯汉清, 陆宝树, 马张华, 译. 北京: 北京图书馆出版社, 2004:83-107.
- [5] 孙成权, 肖仙桃. 国际科学发展态势与中国科学的影响力. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 科学技术政策研究所. 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査(NISTEP REPORT No.98).[2005-05-26].<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep098j/pdf/rep098j.pdf>.
- [7] 科学技术政策研究所. わが国における科学技術の状況と今後の発展の方向性(NISTEP REPORT No.99).[2005-05-26].<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep099j/pdf/rep099j.pdf>.

〔作者简介〕陈 春,女,1974年生,馆员,发表论文8篇。

肖仙桃,女,1965年生,研究馆员,发表论文25篇。

孙成权,男,1946年生,研究员,发表论文108篇。