

DOI:10.3969/j.issn.1674-8131.2012.02.008

双边受控溢出下企业合作研发的博弈分析*

孙彩虹

(重庆工商大学 应用技术学院,重庆 400067)

摘要:技术溢出的高低受到企业间创新技术接近程度的影响,技术溢出并非仅仅是从事创新的企业单方选择的结果,而是企业双方技术路径选择组合的结果。基于“企业间的技术越兼容,技术溢出越高”的假设,将创新技术决策引入传统的双寡头博弈模型,对比分析企业创新技术选择的动机及其影响。研究表明:无论是合作模式还是非合作模式下,追求利润最大化的企业总会选择相同或相似的创新技术;而社会最优技术差距高于利润最大化的技术差距。因此,在技术溢出较高的行业,非合作模式可能会导致较低的社会福利,政府应当鼓励企业形成创新联盟或专利联营。

关键词:合作研发;双边控制技术溢出;技术路径;双寡头博弈模型;创新技术接近程度;技术兼容性;技术差距;创新联盟

中图分类号:F270;F406.2 文献标志码:A 文章编号:1674-8131(2012)02-0054-05

The Game Analysis of Firm Cooperative R&D under Bilateral-controlled Technology Spillover

SUN Cai-hong

(School of Applied Technology, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The size of technical spillover is influenced by the innovative cooperative degree between firms, and technical spillover is not only the single-part choice for the enterprise which conducts innovation but also is the result of mutual technical path choice combination of the enterprises. Based on the assumption that “the more compatible the technology between firms is, the higher the technical spillover is”, innovative technology decision is integrated into duopoly game model to comparatively analyze the motive and influence of firm innovative technology selection, and the results show that whether cooperation or non-cooperation, the enterprises which pursue profit maximization always choose identical or similar technical innovation, however, social optimal technology difference is higher than the technology difference of profit maximization, thus, in the industries which have high technical spillover, non-cooperative model may result in relatively low social welfare and so governments should encourage innovative alliance or patent-chain-business.

Key words: cooperative R&D; bilateral-controlled technical spillover; technical path; duopoly game model; new technology access degree; technical compatibility; technical difference; innovative alliance

* 收稿日期:2012-01-11;修回日期:2012-02-17

基金项目:国家自然科学基金项目(71101160)“新产品上市阶段供应链运作的鲁棒决策分析与合作机制研究”

作者简介:孙彩虹(1974—),女,重庆人;副教授,博士,在重庆工商大学应用技术学院任教,主要从事技术经济管理、供应链管理研究;E-mail:caihongsun@sina.com。

一、引言

以往有关双寡头市场上合作研发的文献,通常将技术溢出视为经济相互关系中一种自然和不可避免的现象或者从事创新的企业单方选择的结果(d'Aspremont 1988; Broad et al, 1999)。但是,随着对技术溢出研究的推进,学者们认识到,技术溢出高低很大程度上取决于创新技术接近程度,而且只有当企业间的研发技术非常接近时,才会出现较高的技术溢出(Kamien et al, 2000);企业的创新技术越独特,溢出越低(Hammerschmidt, 1999);研发技术专有程度越高,吸收力越低;如果要提高与其他企业间的信息共享程度,就应选择尽可能接近的技术,反之则应选择差异较大的技术(Grunfeld, 2003);技术溢出和吸收力间存在明显的正影响(Aldieri, 2009)。

鉴于此,本文认为技术溢出是内生的,但不完全由单个企业决定,也就是说,技术溢出是企业双方技术路径选择组合的结果,并将创新技术决策引入传统的双寡头博弈模型,通过博弈求解对比分析创新技术选择的动机及其影响。有别于以往文献,本文研究结果表明:(1)无论是合作模式还是非合作模式下,追求利润最大化的企业总会选择相同或相似的创新技术;(2)社会最优技术差距高于利润最大化的技术差距。

二、理论模型

本文假设:(1)每个企业都能选择一种技术来完成创新过程;(2)所有技术事前具有同等效率;(3)企业间的技术越兼容,技术溢出越高。

考虑只有两个企业(企业*i*和企业*j*)的行业,假设行业需求曲线为线性,那么:

$$P = a - Q$$

其中*a*是需求规模,*P*为产品价格,*Q*是行业的总产量。

设 q_i 为企业*i*的产量($i=1,2$),则总产量:

$$Q = q_i + \theta q_j$$

$i, j \in \{1, 2\}$ 且 $i \neq j$ (下同)

其中 $a > Q > 0$, θ 反映了两种产品的替代率, $0 < \theta < 1$ 。

每个企业的单位成本取决于初始边际 *A* 和单位成本有效降低水平 X_i , 总成本为:

$$C_i(q_i, X_i) = (A - X_i)q_i$$

单位成本有效降低水平 X_i 不仅取决于企业 *i* 自身的创新成果 x_i , 而且通过溢出取决于对方的创新成果 x_j , 因此有效成本降低水平为:

$$X_i = x_i + \beta x_j$$

本文将 β 定义为溢出程度, 且认为 β 是两企业技术差距的函数, 而不是一个具体参数。假设企业可以从许多技术中进行选择, 技术范围为 $[0, 1]$; L_i 、 L_j 分别为企业 *i*、*j* 选择的研发技术, 即 L_i 和 $L_j \in [0, \dots, 1]$; d 是两种技术的差距, 即 $d = |L_i - L_j|$ 。那么 β 可以写为:

$$\beta(d) = (1 - d)s$$

其中, 参数 $s \in (0, 1]$ 表示潜在溢出。潜在溢出取决于外生因素, 如知识产权保护程度、劳动力流动性、产业集中度等。

因此, 通过选择研发技术, 企业双方共同决定了溢出程度 β , 并且企业间技术差距越小 (d 越小), 溢出程度越高。显然, s 代表了由外生因素决定的实际溢出的限度: $d=0$ 时, $\beta=s$ 。因此, 溢出程度 β 范围从 0 (两个企业使用完全不同的技术) 到 s (两个企业使用完全相同的技术)。

为了确保边际成本为正, 假定 $A > x_i + \beta x_j$ 。另外, 假定每个企业研发成本是二次函数 $C_{R\&D_i} = \frac{1}{2} \gamma x_i^2$, 其中参数 γ 决定了研发效率 (γ 值越大, 研发效率越低), $\gamma > 0$ 。企业 *i* 的利润函数为:

$$\pi_i(q, x, \beta, d) = [a - (q_i + q_j)]q_i - [A - (x_i + \beta x_j)] - \frac{1}{2} \gamma x_i^2$$

其中 $q = (q_1, q_2)$, $x = (x_1, x_2)$ 。

本文采用三阶段模型来分析技术差距对研发投入、企业利润以及社会福利的影响。第一阶段, 企业选择各自的研发技术 (L_i, L_j); 第二阶段, 企业决定研发投入 (x_i, x_j); 第三阶段, 企业决定产量 (q_i, q_j)。为了保证每个阶段的子博弈精炼纳什均衡, 本文采用逆向归纳法求解。由于本文研究的是存在技术差距时企业合作创新协调机制, 因此不考虑产品市场串谋的情形, 即假定企业在产品市场上进行双寡头竞争博弈, 每个企业按各自利润最大化原则决定自己产量, 因而可求得 Nash-Cournot 均衡产量如下:

$$q_i^*(x, \beta, d) = \frac{(a - A) + (2 - \beta\theta)x_i + (2\beta - \theta)x_j}{(2 - \theta)(2 + \theta)}$$

本文用下标 *n*、*c* 分别表示非合作研发、合作研

发情况。

三、非合作研发模式下的技术选择

非合作模式下,企业在研发技术选择阶段(第一阶段)以及创新投入决定阶段(第二阶段)都不合作,按各自利润最大原则选择研发技术(L_i, L_j)以及创新投入(x_i, x_j)。

1. 非合作研发模式下的均衡解

首先对第二阶段(创新投入阶段)求解。企业 i 选择创新成果 x_i 最大化自己的利润,企业 i 的创新水平和利润的 Cournot 均衡结果分别为:

$$x_{i,n}^* = \frac{2(a-A)(2-\beta\theta)}{(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)(\beta+1)}$$

$$\pi_{i,n}^*(\beta, d) = \gamma(a-A)^2 [(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2] \div [(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2]$$

该均衡点存在的二阶条件为:

$$(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2 > 0$$

有意思的是, $x_{i,n}^*$ 随溢出增加而递减:

$$\frac{\partial x_{i,n}^*}{\partial \beta} = \{2(a-A)[2\theta(1+\beta)(2-\theta\beta) - (2-\theta)(2+\theta)^2\gamma] + 2(2-\beta\theta)(2-2\beta\theta - \theta)\} \div [(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2((1+\beta)(1-\beta\theta))]^2 < 0$$

上式表明:随溢出 β 提高, R&D 动机下降,显然存在搭便车现象。直观解释为:溢出越高,企业从对方的投入中获利越多。由于溢出 β 和技术差距 d 间的负关系,可以认为技术越接近,创新投入动机越弱。

下面,对第一阶段(创新技术选择阶段)求解。由于企业的技术选择内在地决定了技术差距,所以 $\frac{\partial \pi_{i,n}^*}{\partial d} = \frac{\partial \pi_{i,n}^*}{\partial \beta} \frac{\partial \beta}{\partial d} = 0$ 。由于 $\frac{\partial \beta}{\partial d} = -s > 0$, 因此当 $\frac{\partial \pi_{i,n}^*}{\partial \beta} = 0$ 时,满足利润最大化的一阶条件。可见,通过对技术进行选择,企业内生地决定了利润最大化的溢出。利润最大化溢出(满足 $\frac{\partial \pi_{i,n}^*}{\partial \beta} = 0$)为:

$$\frac{\partial \pi_{i,n}^*(\beta, d)}{\partial \beta} = \{-2[(2-\theta\beta)^2 - 2\theta(1+\beta) \times (2-\beta\theta)[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)(\beta+1)]^3 + 4[(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2](2-\beta\theta - \theta)\} \times$$

$$\frac{\gamma(a-A)^2}{[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)(\beta+1)]^3}$$

令:

$$-2[(2-\theta\beta)^2 - 2\theta(1+\beta)(2-\beta\theta)[(2-\theta) \times (2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)(\beta+1)]^3 + 4[(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2] \times (2-\beta\theta - \theta) = f(\gamma, \beta)$$

对于函数 $f(\gamma, \beta) = 0$, 利润最大化的溢出 β_n^* 是创新效率 γ 的函数,根据隐函数定理,得到:

$$\frac{\partial \beta_n^*}{\partial \gamma} = -\frac{\partial f(\gamma, \beta)/\partial \gamma}{\partial f(\gamma, \beta)/\partial \beta} > 0$$

新产品非合作研发模式下,创新效率越低,利润最大化的溢出程度越高。换句话说,创新成本越高,企业越愿意让知识流动,以便降低创新成本。

2. 非合作下企业利润最大化的研发技术

根据企业 i 的创新水平和利润的 Cournot 均衡条件和结果,当 $0 \leq \beta \leq 1$ 时, $(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2$ 为 β 的增函数。对 $(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)$ 而言,当 $0 < \beta \leq 0.5$ 时,为 β 的减函数;当 $0.5 \leq \beta \leq 1$ 时,为 β 的增函数。因此,当 $0 \leq \beta \leq 0.5$ 时, $\pi_{i,n}^*(\beta, d)$ 在 $\beta = 0.5$ 处有最大值,而当 $0.5 \leq \beta \leq 1$ 时, $\pi_{i,n}^*(\beta, d)$ 在何处取最大值,依赖于参数 γ 的值。

使企业 i 利润最大化的溢出 β_n^* 应满足:

$$f(\gamma, \beta_n^*) = 0$$

当 $\beta = 1$ 时, $f(\gamma, 1) < 0$, 此时 $\frac{\partial \pi_{i,n}^*}{\partial \beta} < 0, \beta_n^* < 1$ 。

当 $\beta = 0.5$ 时,由于二阶条件 $(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2 > 0$, 所以有:

$$f(\gamma, 0.5) < 0, \beta_n^* > 0.5$$

现在来关注研发技术选择问题。由于使企业利润最大化的溢出 $\beta_n^* \in (0.5, 1)$, 企业会努力让实际溢出接近利润最大化溢出水平。然而,这会受到一些可能条件的限制,如行业中溢出的上限值,即最大潜在溢出 s 。若 $s > \beta_n^*$, 企业会努力达到利润最大溢出,即选择差异足够大的技术以减少潜在溢出 s 与利润最大化溢出 β_n^* 间的差距。这时,最优技术差距为 $d_n^* = 1 - \frac{\beta_n^*}{s}$ 。另一方面,如果 $s \leq \beta_n^*$, 那么企业会选择相同的技术,使溢出最大。

结论 1: 在新产品非合作研发情况下,对于任意 γ , 利润最大化的溢出 $\beta_n^* \in (0.5, 1)$, 因此,若 $s >$

β_n^* , 利润最大化的技术差距 $d_n^* = 1 - \frac{\beta_n^*}{s}$; 若 $s \leq \beta_n^*$,

利润最大化的技术差距 $d_n^* = 0$ 。

这一结论与以往文献不同。以往文献, 如 d'Aspremont 等 (1988) 和 Kamien 等 (2000) 中, 非合作将使溢出最小化。产生这一区别是因为以往模型中, 企业单方可以完全控制技术溢出, 而本模型中, 技术溢出由双方企业共同决定。

3. 非合作下社会最优技术选择

下面, 本文将分析社会福利最大化的技术选择问题。

最优社会福利为:

$$SW_n^*(\beta, d) = 4\gamma(a-A)^2 [(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2] \div [(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)^2(\beta+1)]^2$$

$$\frac{dSW_n^*}{d\beta} = 4\gamma(a-A)^2 \div [(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(2-\beta\theta)(1+\beta)]^3 \times g(\beta, \gamma)$$

其中:

$$g(\beta, \gamma) = -2\{(2-\beta\theta)^2 - 2\theta(1+\beta)(2-\beta\theta) \times [(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2]^2 + 4[(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2]\} \times (2-2\beta\theta-\theta)$$

当 $0 \leq \beta \leq 0.5$ 时, 在二阶条件 $(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2 > 0$ 下, 有:

$$g(\beta, \gamma) \geq (2-\beta\theta)[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta)(2-\beta\theta)^2] > 0$$

当 $0 \leq \beta \leq 0.5$ 时, $g(\beta, \gamma) < 0$, $\frac{dSW_n^*}{d\beta} > 0$

当 $0.8 \leq \beta \leq 1$ 时, $\frac{dSW_n^*}{d\beta} < 0$

所以, SW_n 取最大值时应有 $0.5 < \beta < 0.8$ 。

注意到 $g(\beta_n^*) = \frac{2(2-\beta_n^*\theta)(1-2\beta_n^*\theta)}{(1-\beta_n^*\theta)} < 0$, 故

$\frac{dSW_n^*(\beta_n^*)}{d\beta} < 0$ 。因此, 使 SW_n 取最大值的溢出 β_n^0

满足: $\beta_n^0 < \beta_n^*$, 即从社会福利最大角度来看, 使企业利润最大的溢出过高。

所以, 社会最优技术差距 d_n^0 是使溢出尽可能接近社会最优溢出。如果潜在溢出 $s > \beta_n^0$, 那么社会最优技术差距 d_n^0 使 $\beta = \beta_n^0$, 即 $d_n^0 = \frac{s - \beta_n^0}{s}$ 。如果 $s \leq \beta_n^0$,

那么 $d_n^0 = 0$ 。即社会最优溢出 β_n^0 低于企业利润最大化溢出 β_n^* , 社会最优技术差距 d_n^0 大于利润最大化技术差距 d_n^* 。

结论 2: 非合作模式下, 社会最优溢出 β_n^0 小于利润最大化溢出 β_n^* ($\beta_n^* > \beta_n^0$), 社会最优差距 d_n^0 大于利润最大化技术差距 d_n^* ($d_n^0 > d_n^*$)。

四、合作研发模式下的技术选择

1. 合作研发模式下的均衡解

合作研发决定了研发技术和创新投入上都合作 (即在第一、二阶段都合作), 共同利润为:

$$\pi_c = \frac{1}{(2-\theta)^2(2+\theta)^2} \sum_{i=1}^2 \{ [(a-A) + (2-\beta\theta)x_i + (2\beta-\theta)x_j] - \frac{1}{2}\gamma x_i^2 \}$$

企业 i 的创新水平为:

$$x_{i,c}(\beta, d) = \frac{2(a-A)(\beta\theta+1)}{(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(\beta\theta+1)^2}$$

相应的利润水平为:

$$\pi_c(\beta, d) = \frac{\gamma(a-A)^2}{(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta\theta)^2}$$

该均衡点存在的二阶条件为:

$$(2-\theta)^2(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta\theta)^2 > 0$$

由于:

$$\frac{\partial x_{i,c}^*}{\partial \beta} = \frac{2(a-A)[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma + 2(\beta\theta+1)^2]}{[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(\beta\theta+1)^2]^2} > 0$$

所以, 与非合作模式相反, 研发投入随 β 递增,

表明搭便车效应内部化了。此外, 由于 $\frac{\partial x_{i,c}^*}{\partial \beta} > 0$ 且 β 与 d 间呈负相关, 合作伙伴间技术越接近, 研发投入动机越强。

2. 合作研发下的利润最大化技术选择和社会最优技术选择

由于 $\frac{\partial \pi_c}{\partial \beta} = \frac{4\theta\gamma(a-A)^2(\beta\theta+1)}{[(2-\theta)(2+\theta)^2\gamma - 2(1+\beta\theta)^2]^2} > 0$, 所以, 合作研发模式下, 共同利润随技术溢出 β 增加。

由于两个企业在研发阶段合作最大化共同利润, 因此溢出增加时企业 i 会综合考虑其对自己和企业 j 的利润产生的影响, 从而当 β 增加时, 企业 i 就可能增加研发支出。当然, 企业 j 的成本降低也

会降低企业 i 的相对竞争力,通过对企业 i 的利润产生负面影响而对共同利润产生负面影响,从而对企业 i 进行研发投入产生负面影响。但与两个企业在研发阶段不合作相比,这种负面影响肯定要小得多。因为不合作研发时,企业 i 仅考虑对自己的正面和负面影响;而进行合作研发时,企业 i 还要考虑对企业 j 的正面影响。当 β 增加时, $x_{i,c}$ 、 $q_{i,c}$ 、 $\pi_{i,c}$ 、 SW_c 均增加,因此,当 $\beta = 1$ 时, $x_{i,c}$ 、 $q_{i,c}$ 、 $\pi_{i,c}$ 、 SW_c 取最大值。

同时,消费者剩余 CS 随 β 递增(因为 Q^* 随 β 增加)。因此,在合作研发模式下,社会福利 SW 随 β 增加,社会最优技术差距 $d = 0$ 。

结论 3:在合作模式下,生产者利润和消费者剩余随 β 递增,而且,在技术差距 $d = 0$ 时,企业共同利润和社会福利达到最大值。

在合作研发模式下,有趣的是企业利润最大化与社会福利最大化巧合了。前面的分析表明,在非合作研发模式下,潜在溢出相对较高时(即 $s > \beta_n^0$),这一结论并不成立。

综合结论 2 和结论 3 有关社会最优技术选择的结论可归纳为:在非合作研发模式下,存在社会最优的溢出值 $\beta_n^0 \in (0.5, \beta_n^*)$,如果 $S > \beta_n^0$,那么社会最优技术差距 $d_n^0 = 1 - \frac{\beta_n^0}{S}$;如果 $S \leq \beta_n^0$, $d_n^0 = 0$ 。合作研发模式下,社会福利随技术差距扩大而递减。

五、结论及政策建议

本文基于企业间技术溢出受企业的技术路径相似性影响的认识,建立了一个双边控制技术溢出下的新产品研发博弈模型,对比新产品非合作研发与合作研发的博弈特征。研究表明在非合作情况下,技术选择越接近,企业的创新投入动机会越弱,

而创新成本越高的企业越愿意让知识(技术)流动,社会最优技术差距大于企业利润最大化的技术差距;而对于合过创新过程,技术越接近,创新投入动机越强,企业会选择相同的技术路径。对于技术溢出较高的行业,非合作模式可能会导致较低的社会福利,所以政府应当鼓励企业形成创新联盟或专利联营,必要时给予财政补贴。

参考文献:

- ALDIERI L, CINCERA M. 2009. Geographic and Technological R&D Spillovers within the Triad: Micro Evidence from US Patents [J]. The Journal of Technology Transfer, 34(2): 196-211.
- BROD A, SHIVAKUMAR R. 1999. Advantageous Semi-Collusion [J]. Journal of Industrial Economics, 47(2): 221-230.
- D' ASPREMONT C, JACQUEMIN A. 1988. Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers [J]. The American Economic Review, 78(5): 1133-1137.
- GRUNFELD L A. 2003. Meet Me Halfway But Don't Rush: Absorptive Capacity and Strategic R&D Investment Revisited [J]. International Journal of Industrial Organization, 21(8): 1091-1109.
- HAMMERSCHMIDT A. 1999. R&D Spillover and Absorptive Capacity, and public policy Mimeo, Institute for Advanced Studies [M]. Virmns, Austria.
- KAMIEN M I, ZANG I. 2000. Meet Me Halfway: RJV and Absorptive Capacity [J]. International Journal of Industrial Organization, 18: 995-1012.

(责任编辑:南 北)