

文章编号:1000-6788(2007)03-0078-04

研究联合体形成博弈及均衡结构的存在性研究

孙利辉¹,徐寅峰²,王 军¹

(1. 青岛大学 管理科学与工程系,青岛 266071; 2. 西安交通大学 管理学院,西安 710049)

摘要: 剖析了研究联合体形成的博弈过程,建立了研究联合体形成博弈模型,通过定义研究联合体形成博弈的核、支付函数及博弈的弱分离,证明了研究联合体形成博弈在弱分离的情况下存在博弈均衡结构(即稳定联盟结构)。

关键词: 研究联合体;形成博弈;均衡结构;弱分离;核

中图分类号: F224.0

文献标志码: A

Research Joint Venture Formation Game and the Existence of Equilibrium Structures

SUN Li-hui¹, XU Yin-feng², WANG Jun¹

(1. International Business College, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 2 School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The exploration of stability conditions is important to form stable innovation coalition. Research joint venture formation game is developed based on the analysis of the formation process. Through the definitions on the core of the game, weak separation of the payoff function, core and game, conclusion is obtained that the equilibrium structures of the game (or the stable coalition structure) exist when research joint venture forming game is weakly separated.

Key words: research joint ventures; formation game; equilibrium structures; weak separation; core

1 引言

研究联合体(Research Joint Ventures,简称RJVs,也称为研究合资企业,研究合作组织)是由多家企业在R&D阶段共同控制形成的合作创新组织形式,并且完成R&D后在产出阶段竞争^[1]。高新技术行业的激烈竞争使创新企业联合起来从事研究开发,以降低创新投资风险,提高创新效率,缩短创新投资回收周期。RJVs也是为反垄断法所推崇的一种合作创新组织形式,尤其是当专利保护不完全时,R&D溢出非常高,通过RJVs共同决策R&D投资,能内化溢出、降低成本、提高R&D激励。Lars Herdrink Roller、孙利辉等研究了RJVs的形成激励和RJVs的战略伙伴选择等问题,但这些研究的前提条件是假定成员之间能通过有约束力的R&D投资分配协议形成稳定的RJVs,并没有深入研究RJVs联盟的投资分配及稳定形成条件^[2,3]。Ray & Vohra(1996)等继Aumann & Myerson(1998)之后研究了具有外部性联盟的内生形成,提出了通过对称分割函数解特殊联盟结构的算法,讨论了各阶段接受提议时的概率均衡,并研究了联盟的均衡及联盟结构^[4,5]。Zhao Jingang(1992)研究了第一阶段为标准型博弈,第二阶段为联盟博弈的混合博弈的均衡及均衡的稳定性^[6]。Ferreira(1999)研究联盟形成的非合作研究^[7]。Perry & Reny(1994)研究了合作解的非合作实施^[8]。孙利辉、崔文田(2004)在假设企业与研究机构一一动态匹配的情况下,研究了形成稳定创新联盟的条件^[9]。但这种情况仅适用于解释在多数企业研究开发能力较差的情况下,某些行业校企、校研和合资联盟的形成。当企业逐渐拥有较强的研究开发能力,和高校、研究机构、高科技外企成为等研发能力伙伴时,

收稿日期:2006-11-10

资助项目:国家自然科学基金(70571040);山东省社科规划项目(05CJ Z11);青岛双百调研工程(2006-A-03)

作者简介:孙利辉(1972-),女(汉族),河南孟津人,青岛大学管理科学与工程系副教授,博士,研究方向:管理系统优化,机制设计,供应链协调管理。

是否能形成稳定创新联盟有待继续深入探讨。

在 R&D 阶段,参与企业通过相互选择形成研究联合体(RJVs),共同承担 R&D 投资成本;完成 R&D 后,所有企业在产品市场上进行竞争,在这种既竞争又合作的过程中,企业博弈行为的实质是先进行联盟博弈再进行标准式博弈。理性参与者是否参与某联盟在于其投资和市场收益的相对大小,即 RJVs 联盟投资分配及企业的市场收益决定了 R&D 投资均衡和市场均衡,本文建立了研究联合体形成博弈模型,通过定义该博弈的核,以及支付函数、核和博弈的弱分离,证明了研究联合体形成博弈在弱分离的情况下存在博弈均衡结构。

2 研究联合体形成博弈模型

研究联合体形成博弈(Research joint venture formation game)用于描述企业(代理人)为进行合作 R&D 而形成稳定联盟结构的过程,该博弈包含两阶段:在 R&D 阶段,参与企业相互选择形成 RJVs,共同承担 R&D 投资成本;R&D 完成后,所有企业参与在产品市场上进行竞争,研究联合体形成博弈记为博弈 $\Gamma = \{N, Y_s, q_i, \pi_i\}$ 。其中, $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示企业(代理人)的集合。联盟 S 为 N 的一个非空子集,即一个 RJVs。 y_i 表示企业(代理人) i 的 R&D 投资, y_s 表示联盟 S 的投资战略。联盟结构 $\sigma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ 是代理人 N 的一个分割,满足:对 $i \neq j, U_{i=1}^k S_i = N, S_i \cap S_j = \emptyset$ 。 σ 表示联盟结构的集合。 q_i 表示企业(代理人) i 的产量竞争战略, π_i 表示企业(代理人) i 的预期市场收益, π_i 表示企业(代理人) i 的净利润。给定联盟结构,企业或研究联合体通过选择 R&D 投资战略进行 R&D,降低产品的边际(可变)成本,并且研究联合体还要在成员企业分配 R&D 投资。

对模型假设如下:

假设 1 所有博弈参与者理性且自愿形成联盟。

假设 2 RJVs 内部的投资溢出率为 1, RJVs 之间的投资溢出率为零。研发成功后,企业生产一种无固定成本的完全替代品,不存在退出。企业 $i \in S$ 的边际成本由 c_i 降低到 $c_i - f(y_s)$, 其中 $y_s = \sum_{i \in S} y_i$ 。

假设 3 $i \in N$ 的投资战略 $y_i \in Y_i = [0, \bar{y}_i]$ 为紧凸集,投资函数 $f(y) : Y \rightarrow R, Y = [y, +\infty)$ 是有效投资域。对任意 $y \in Y, f(y)$ 为 y 的二阶可微凹函数,且满足 $f(0) = 0, f'(y) > 0, f''(y) < 0, f'(y) < c$, 其中 c 为最低边际成本。

S 的投资战略 $y_s = \{y_i | i \in S\} \in Y_s = \prod_{i \in S} Y_i$, 互补联盟 $N \setminus S$ 的投资战略为 $y_{-s} = \{y_i | i \notin S\} \in Y_{-s} = \prod_{i \notin S} Y_i$ 。有效投资战略(分配)组合记为 $y = \{y_1, \dots, y_n\} \in Y$ 。给定联盟结构 $\sigma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ 和其他联盟的战略 y_{-s} , 联盟 S 形成的新博弈为 $\Gamma_s(y_{-s}) = (S, Y_s, q_i, (\cdot, y_{-s}))$ 。

给定联盟结构,联盟间的投资战略性地对抗(纳什意义上),联盟内部各参与者的投资战略性地合作。对研究联合体而言,给定外部选择,联盟首先最大化联盟支付,然后再在联盟内部分配 R&D 投资。由于企业在联盟、分配 R&D 投资 $Y = (y_{s_1}, y_{s_2}, \dots, y_{s_k}) = (y_1, \dots, y_n)$ 时,已经理性预期到竞争战略 (q_1, \dots, q_n) , 即 $q_i = g_i(y_{s_1}, y_{s_2}, \dots, y_{s_k})$, 以及 $\pi_i(y, q) = \pi_i(y, g(y)) = \pi_i(y) = \pi_i - y_i$ (其中 π_i 为 i 的预期市场收益)。

同理联盟 S 的支付 $\pi_s - y_s = \sum_{i \in S} \pi_i - y_s$, 联盟结构 $\sigma = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ 所对应的收益结构是 $\{\pi_{s_1}, \pi_{s_2}, \dots, \pi_{s_k}\}$, 其中 π_{s_i} 是联盟 S_i 的特征值。由此可见,投资战略 $(y_{s_1}, y_{s_2}, \dots, y_{s_k})$ 及其分配 (y_1, \dots, y_n) 是决定投资支付及联盟稳定性的唯一决策变量。研究联合体形成博弈的均衡战略和稳定结构就是市场中研究联合体的均衡投资战略和稳定市场结构。

3 研究联合体均衡结构的存在性

联盟均衡是研究联合体最粗糙分割函数的均衡,其存在性包括了研究联合体均衡的存在性。如果所有的支付函数连续、准凹,战略集为非空的紧凸集,那么一定存在一个核^[10]。

给定 σ , 任意 S 的保守支付函数 $\bar{\pi}_s(y_s)$ 为:

$$\bar{\pi}_s(y_s) = \bar{\pi}_s(y_s, g_s(y)) = \min_{y_{-s} \in Y_{-s}} \pi_s(y_s, g_s(y), y_{-s}, g_{-s}(y)) = \pi_s(y_s, \bar{y}_{-s}), \tag{1}$$

其中, \bar{y}_{-s} 为外部惩罚函数. 联盟的核 \tilde{y}_S 满足:

$$v(S) = \max_{y_S} \bar{v}_S(y_S, g_S(y)) = \bar{v}_S(\tilde{y}_S) = \max_{i \in S} \min_{i \in S} (v_i(\tilde{y}_S, \tilde{y}_{-S}(\tilde{y}_S))) = \max_{y_S} \min_{i \in S} v_i(y_S, y_{-S}), \quad (2)$$

其中 $v(S)$ 是研究联合体形成博弈的特征函数. 至此研究联合体形成博弈转化为联盟博弈 $\Gamma = \{N, v(S)\}$.

给定联盟结构 \mathcal{S} 及投资战略 y , 参与者 i 最大化支付 $\max_{q_i, Q_i} v_i(y_S) = \max_{q_i, Q_i} (\wedge_i - y_i)$, 联盟 S 最大化支付 $\max_{q_i, Q_i} v_i = \max_{q_S, Q_S} (\wedge_S - y_S)$. 假定联盟能达成可实施的完美投资分配协议 $y = (y_{S_1}, y_{S_2}, \dots, y_{S_k}) = (y_1, \dots, y_n)$, 那么个人理性和集体理性的投资联盟满足: $\wedge_i - y_i > \wedge_i, \wedge_S - y_S > \wedge_i$. 从而导出联盟核(稳定投资分配)存在的条件:

定义1 研究联合体形成博弈的核为战略组合 y , 当对任意 $i \in S$, 满足:

$$y_i \leq \wedge_S - y_S, \quad y_i \leq \wedge_i - y_i.$$

定义2 如果对任意 $i \in S, y_S$ 满足: $v_i(y_S, \bar{y}_{-S}) = \min_{y_{-S} \in Y_{-S}} v_i(y_S, y_{-S})$, 那么保守支付函数 $\bar{v}_S(y_S)$ 弱分离.

定义3 如果联盟的保守支付函数 $\bar{v}_S(y_S)$ 在 \tilde{y}_S 处弱分离, 那么式(2)中 $v(S)$ 弱分离.

定义4 如果对任意 $S \subset N$, 式(2)中 $v(S)$ 弱分离, 则研究联合体形成博弈弱分离.

事实上, 很多寡头市场上的支付函数都是弱分离的, 研究联合体中企业的支付函数就满足弱分离. 下面通过支付函数和博弈的弱分离, 研究研究联合体形成博弈均衡的存在性.

定理1 如果对任意 $i \in N, y_i$ 为紧凸集, $v_i(y)$ 是 y 的连续凹函数, 且研究联合体形成博弈弱分离, 那么该博弈有一个非空核.

可转移支付联盟博弈 $\Gamma = \{N, v(S)\}$ 有非空核当且仅当博弈平衡. 要证明定理1, 有必要证明博弈 $\Gamma = \{N, Y_S, q_i, v_i\}$ 中核存在的必要条件和充分条件. 令 $B = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$ 是联盟的集合. 对任意 $i \in N, B(i) = \{T \in B \mid i \in T\}$ 表示包含参与者 i 的所有联盟的集合. 如果对任意 i 及联盟 $T \in B$ 存在 $w_T \geq 0$, 有 $\sum_{T \in B(i)} w_T = 1$, 那么 B 是平衡集合. 如果对任意平衡集合 B 存在 $\sum_{S \in B} w_S v(S) = v(N)$, w_S 为联盟 $S \in B$ 的权重, 那么博弈 $\Gamma = \{N, v(S)\}$ 是平衡的. 博弈 $\Gamma = \{N, Y_S, q_i, v_i\}$ 中, $v(S) = \wedge_S - y_S, v(N) = \wedge_N - y_N$.

证明 在博弈 $\Gamma = \{N, Y_S, q_i, v_i\}$ 中, $\forall i \in N$, 支付 $v_i(y)$ 是 y 的连续凹函数, 战略集 Y_S 为紧凸集, 那么存在均衡战略最大化联盟的共同支付. 核的存在性等价于存在平衡集合 $B = \{T_1, T_2, \dots, T_k\}$, 满足

$$\sum_{S \in B} w_S (\wedge_S - y_S) = \wedge_N - y_N, \quad w_T \text{ 为 } T \in B \text{ 的权重.}$$

由式(1)、(2)可得:

$$v(N) = \wedge_N - y_N = \max_{y \in Y} v_i(y) = \max_{i \in N} v_i(\bar{y}), \quad (3)$$

$$\sum_{S \in B} w_S (\wedge_S - y_S) = \sum_{S \in B} w_S \max_{i \in S} v_i(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)) = \max_{i \in N} \sum_{S \in B(i)} w_S v_i(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)), \quad (4)$$

其中, y_S^* 是最大化投资联盟支付的战略. 对任意 $i \in N$, 令

$$y_i = \sum_{S \in B(i)} w_S y_S^*(i) \in Y_i, \quad \text{且 } y = \{y_1, \dots, y_n\} \in Y = \prod_{i \in N} Y_i, \quad (5)$$

其中 $y_S^*(i)$ 是 y_S^* 的第 i 个分量. 为进一步证明对企业 i , 存在

$$\sum_{S \in B(i)} w_S v_i(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)) \leq v_i(y), \quad (6)$$

不失一般性, 以企业1为例证明上述不等式, 其他企业的证明过程一样. 为证明

$$\sum_{S \in B(1)} w_S v_1(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)) \leq v_1(y), \quad (7)$$

对任意 $S \in B(1) = \{T \in B \mid 1 \in T\}$, 令 $h(S) = (y_S^*, y_{-S}) \in Y = \prod_{i \in N} Y_i$. 对 $S \in B(1)$ 及 $j \in N \setminus S$, 令

$$y_j = \sum_{T \in B(j) \setminus B(1)} w_T y_T^*(j) \in Y_j, \quad (8)$$

对任意 T , 有 $w_T = w_T / (\sum_{E \in B(j) \setminus B(1)} w_E)$. 由 v_1 凹性及等式 $y = \sum_{S \in B(1)} w_S h(S)$ (Scaf, 1971)^[10], 得:

$$w_{S-1}(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)) = w_{S-1}(h(S)) = w_{S-1}(y) = w_{S-1}(\bar{y}), \tag{9}$$

由式(4)、(6)得

$$w_S(\wedge_S - y_S) = \sum_{i=1}^n w_{S-i}(y_S^*, \bar{y}_{-S}(y_S^*)) = \sum_{i=1}^n w_{S-i}(y) = \sum_{i=1}^n w_{S-i}(\bar{y}) = \wedge_N - y_N$$

得博弈是平衡的.

得证.

由于研究联合体形成博弈的核存在,给定稳定联盟的投资战略及分配 $y = (y_{S_1}, y_{S_2}, \dots, y_{S_k}) = (y_1, \dots, y_n)$, $i \in N$ 在第二阶段最大化支付函数 $v_i(y, q) = v_i(g^{-1}(y), q)$,得竞争战略 (q_1, \dots, q_n) .

定理 2 给定研究联合体形成博弈的联盟结构 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$,并以核为博弈规则,如果满足:a.对任意 $i \in S$, y_i 为紧凸集, $v_i(y)$ 是 y 的连续函数;b.对任意 $S \subseteq N, i \in S, v_i(y)$ 是 y_i 的凹函数;c.对任意 $S \subseteq N$,博弈 $v_{S-1}(y_{-S})$ 对所有 y_{-S} 满足弱分离,那么所有 $S \subseteq N$,至少有一个均衡研究联合体结构.

证明 给定联盟结构 S 及其他联盟的投资战略 y_{-S} ,联盟 S 的最优反应函数记为:

$$s_S(y_{-S}) = \max_{y_S \in Y_S} \left\{ \sum_{i \in S} v_i(y_S, y_{-S} - y_S) \right\}.$$

由条件 a 和 b, $v_S: Q \rightarrow \mathbb{R}^Q$ 的最优反应函数:

$$v_S(y) = s_S(y_{-S}) = \{s_{S_1}(y_{-S_1}) \times \dots \times s_{S_k}(y_{-S_k})\}.$$

对任意 $y = \{y_1, \dots, y_n\} = \{y_{S_1}, \dots, y_{S_k}\} \in Y = \prod_{i \in N} Y_i$,满足 Kakutani's 不动点定理.对任意联盟 $S \subseteq N$,存在不动点 y ,给定 y_{-S}, y_S 最大化参与者 S 的支付.并且根据定理 1,子博弈 $v_{S-1}(y_{-S})$ 存在支付为 y_S^* 的核及竞争均衡.进而联盟结构 S 存在研究联合体均衡 (y^*, q^*) , $y^* = \{y_1^*, \dots, y_n^*\} = \{y_S^* | S \subseteq N\} \in R^n$,及 $q^* = \{q_1^*, \dots, q_n^*\} = \{q_i^* | i \in N\} \in R^n$.
得证.

4 结论

本文剖析了研究联合体形成的博弈过程,建立了研究联合体形成博弈模型,通过定义该博弈的核,以及支付函数、核和博弈的弱分离,证明了研究联合体形成博弈在弱分离的情况下存在博弈均衡结构(即稳定联盟结构).但如何找稳定联盟结构还有待于进一步研究.研究过程中可以通过引入虚拟委托人(政府或创新促进会等)引导、促进、激励 RIVs 的稳定形成.虚拟委托人的具体目标可以设为最大化消费者剩余或最大化代理人的纯利润和消费者的之和,其作用是提供社会保证机制(法律、优惠政策等)、协助 RIVs 完成打破预算平衡、保证和监督 RIVs 的活动对消费者剩余的影响非负等,但没有权利干涉 RIVs 的形成和伙伴选择.

参考文献:

[1] Nicholas S Vonortas. Research joint ventures in US [J]. Research Policy ,1997 ,26 :577 - 595.

[2] Lars Herdrink Roller , Ralph Siebert , Mihkel M. Tombak. Strategic Choice of Partners: RIVs and Market Power. 2000. ideas.uqam.ca/ideas/data/Papers/scescecf1185. html.

[3] 孙利辉,徐寅峰,高山行.非对称研究合作组织的伙伴选择研究[J].系统工程理论与实践,2003,23(2) :40 - 44. Sun Lihui ,Xu Yinfeng ,Gao Shanxing. Partners choice of asymmetric research joint ventures[J]. Systems Engineering - Theory & Proctice ,2003 ,23(2) :40 - 44.

[4] Ray Debra , Vohra Rajiv. A theory of endogenous coalition structures [J]. Games and Economic Behavior , 1999 ,26 :286 - 336.

[5] Aumann Robert J , Myerson Roger B. Endogenous Formation of Links Between Players and of Coalitions: An Appellation of the Shapley Value [M]. The Shapley Value Honor of L.Loyd. S Shapley. Aumann RJ & Myerson R. Cambridge Eng Pub ,1998. 175 - 190.

[6] Zhao Jingang. The Stability of Coalition Structures in Normal Form TU games. 1996. www.grandcoalition.com.

[7] Jose Luis Ferreira. Endogenous formation of coalition in noncreative games [J]. Games and Economic Behavior ,1999 ,26 :40 - 58.

[8] Perry M ,Reny P. A cooperative view of coalition formation and the core [J]. Econometrica ,1994 ,62 :795 - 817.

[9] 孙利辉,崔文田.一对一动态创新联盟的形成机理研究[J].计算机集成制造系统,2004,10 :184 - 189. Sun Lihui ,Cui Wentian. One-to-One dynamic formation mechanism of innovation coalitions[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems ,2004 ,10 :184 - 189.

[10] Scarf H. On the existence of a cooperative solution for a general class of n -person games [J]. Journal of Economic Theory ,1971 , 3(2) :169 - 181.