

机场博弈与中国起降费规制改革

——一个合作博弈论评价

董保民* 郭桂霞

摘 要 本文通过在机场博弈中使用的合作博弈论中两个成本分摊工具——Shapley 值和 Owen 值, 用厦门高崎机场 2002 至 2005 年(预计)的全年起降费数据, 计算了以合作博弈论为基础的机场起降费标准。本文将理论值与中国机场起降费改革历程中的三个收费标准作出了比较, 同时对民航总局提出的起降费上限改革进行了分析, 并提出相应的政策建议。另外, 本文还对即将在中国各大机场起降的最大型飞机 A380 的起降费进行了理论上的估算。

关键词 Shapley 值, Owen 值, 机场博弈, 价格上限规制

一、引 言

合作博弈论方法被广泛应用于成本分摊问题中。其中一个重要的应用就是机场博弈 (Thompson, 1971; Littlechild and Owen, 1973, 1976; Littlechild and Thompson, 1977; Littlechild, 1974, 1975; Potters and Sudhölter, 1999; Brânzei *et al.*, 2002a, 2002b; 等等)。机场博弈是一类特殊的合作博弈, 它所研究的主要问题是, 机场的跑道建设成本如何以收取起降费的形式在不同的机型之间进行分摊。其特殊性就在于, 不同的参与人所需要分摊的总成本仅仅由其中某一个参与人所决定。具体来说, 就是机场的跑道建设成本是由在其上起降的最大机型所决定的。机场博弈问题最初由 Baker (1965) 提出, Thompson (1971) 在考虑伯明翰机场一条跑道的建设成本在各个起降机型之间的分摊时, 正式用合作博弈方法研究了这一问题。

在 Baker (1965) 和 Thompson (1971) 之后, Littlechild and Owen (1973) 以及 Dubey (1982) 给出了此类博弈中一个非凡的简化了的 Shapley 值表达式。机场博弈也因此成为合作博弈论在实践问题中的可应用性的一个典范。几乎同时地, Kopelowitz (1967), Littlechild (1974), Littlechild and Owen (1977) 等提出了核仁 (Nucleolus) 在机场博弈中的简化公式。但是, 我们用 Kopelowitz 的核仁法对厦门机场起降费数据的计算结果表明, 正如

* 通讯作者及地址: 北京市朝阳区惠新东街 10 号, 对外经济贸易大学国际经贸学院, 100029; 电话: (010) 64493601; E-mail: baomindong@uibe.edu.cn。作者感谢第五届中国经济学年会评论人和参会者, 以及一名匿名评审人提出的意见。

Brânzei et al. (2002b)所指出的,如果使用核仁概念,那么机场博弈中一些联盟的值可以为负。另外,核仁的计算在合作博弈问题中没有一般的可遵循的公式,因此,尽管它有良好的特性,实践操作者认为它有重大的缺陷:不直观以及计算困难。

Potters and Sudhölter (1999)通过检查有效性、合理性和弱一致性等一些通常的特性,比较了几种机场博弈中可应用的单值法则。他们发现每一种加权 Shapley 值、核仁(Nucleolus)、修正核仁属于核(core)内,而 τ -值(Tijs, 1981)则不一定在核内。因此,在机场博弈中,没有必要找出 τ -值的表达式,因其违反了弱一致性。

Vázquez-Brage, Nouweland and García-Jurado (1997)考虑当飞机是由不同的航空公司所组织起来的博弈时,引入Owen值来计算机场跑道成本分摊问题更有说服力。通过用Owen值对西班牙Labacolla机场1993年第一季度起降数据的研究,他们发现如果按照Owen值为起降费定价,一个航空集团的几个公司合并起来之后会节约成本分摊的支出,体现了大的联盟具有高的议价能力。

与世界上绝大多数市场体制国家的机场收费不一样,中国的机场起降费收费标准是由民航总局、国家计委和财政部制定颁发的,对所有中国机场都是一样的。收费标准目前经历了1992年,1995年和2002年三次改变。但是,机场和航空公司方面都对起降费收费标准改革仍然表达了不满¹。以东方航空公司为例,机场收费占到公司运营总成本的18%左右,其中中国国内机场收费占全部机场收费的36%左右,而起降费通常占到机场收费的50%以上,因此起降费标准的变动会在很大程度上影响航空公司的运营成本结构。同样地,以上市的机场公司厦门高崎机场²为例,由于起降费收入占到总收入的50%左右,加上机场建设和跑道维护的高成本等因素,使得起降费收费是否合理在很大程度上影响机场的收入和效率。

但据我们所知,目前还没有关于中国机场起降费收费标准的制定依据的研究或收费标准的有效性、公平性等特性的评估。而事实上,民航总局正在酝酿一轮新的起降费改革方案,即取消目前的收费标准,采用收费上限规制。因此,研究起降费的收费标准的合理性是一个有着重要意义的课题。

¹ 《现代商报》2003年8月1日报道:东方航空公司估计此次(2002标准)调整会使其起降费的成本提高15%—20%,公司整体成本将提高1%—2%。而机场方面,如在沪深两市上市的厦门机场、上海机场、深圳机场等也先后发布公告,称此次收费调整将对公司的收入产生一定影响,深圳机场预测今年公司收入将因此减少数百万元。原因是虽然此次调整是将收费总体水平做适当上调,其中起降费、停车场费、安全检查费和地面服务费收费标准均有不同幅度提高,但旅客服务费(原旅客过港服务费)收费水平有一定幅度下降。机场称,航空地面保障服务费要占到公司主营业务收入的一半以上,此部分收入的主要来源就是旅客过港服务费。

² 《中国经营报》2002年10月28日报道:厦门机场表示,与起降费的高成本相比,旅客过港服务付出只是机场乘务员的劳动,两相比较,当然后者带来的收益更多。深圳宝安机场也表示,2002年上半年纯利约1.98亿元,营业额为3.31亿元,而航空地面保障服务占公司主营业务收入的64.8%,这块收入又几乎全部来自旅客过港服务费。

另一方面，对目前我国大型机起降费相对较低的收费标准，实践操作者和分析家都有目共睹。以一架波音 747-400 航机降落支付为例，日本东京成田和关西机场的收费在 10000 美元以上，而中国的机场 1995 年标准的收费仅为 5000 元人民币，即使是 2002 年标准，也才 12770 元人民币，还是相差 8 倍左右。这样的收费标准是否合理，是否暗含了交叉补贴？这是本文讨论的主要问题之一。另外的问题还包括，即将实施的起降费上限规制是否合理？如果是，其最优的上限如何制定？还有，即将在各大机场起降的超大型飞机 A380 的起降费如何收取？

通过对厦门高崎机场 2002 年至 2005 年的起降数据研究，我们得出以下几个结论：第一，使用目前的起降费收费标准，确实存在交叉补贴，而且是中型机补贴大型机；第二，使用 Owen 值计算的结果表明，大的航空公司可获得较强的议价能力，从而享受更多的起降费折扣，这一结果和即将实施的起降费上限规制是一致的；第三，建议的起降费上限应该是 Shapley 值上限，即一个相机上限。

本文的剩余部分是如下安排的：第二部分是数据和模型，介绍样本数据结构和本文模型所要解决的目标；第三部分是用 Shapley 值对厦门机场的起降费分析；第四部分是用 Owen 值对厦门机场的起降费分析；第五部分是结论。

二、数据和模型

（一）数据和假定

不失一般性，我们将收集到的数据按照机型从大到小排序³（如表 1 所示），即 $0=C_0 < C_1 < C_2 < \dots < C_m, i=1, 2, \dots, m$ 。定义一个次可加博弈的特征函数： $C(\phi)=0, C(S)=\max\{C_i\}$ ，其中 S 是参与人的集合。

表 1 收集的厦门高崎机场的样本数据⁴

编号	机型	起降次数 (2002)	起降次数 (2003)	起降次数 (2004)	起降次数 (2005)	最大起飞 全重(吨)	翼展 (米)	业务载重 (吨)	着陆距离 (米)	I_i
1	D328	96	1124	283	283	13.64	20.98	3	1010	0.185406
2	CRJ	744	1195	585	624	21.52	21.21	6	1410	0.250229
3	ATR	312	100			22.5	27.05	7	1200	0.233576
4	BA46	648	682			44.22	26.21	10	1228	0.270407
5	YU-8	720	595	578	624	61	27	15	1050	0.304465
6	B737	23064	24902	29071	29900	62.82	28.9	19	1506	0.388785
7	A319	1800	1600	862	3120	64	34.09	15	1350	0.371393

³ 机型的大小是根据飞机翼展和主起落架外轮的间距来划分的。

⁴ 数据来源：<http://www.xmyzl.com/>

(续表)

编号	机型	起降次数 (2002)	起降次数 (2003)	起降次数 (2004)	起降次数 (2005)	最大起飞 全重(吨)	翼展 (米)	业务载重 (吨)	着陆距离 (米)	I_i
8	MD82	1968	1800	1483	1040	67.81	32.87	18	1600	0.417833
9	MD90	1080	1141	1030	1352	72.80	32.87	17	1600	0.424437
10	A320	4776	5779	8355	9984	77	34.09	17	1470	0.409375
11	A321	192	920	1377	2496	83	34.09	22	1590	0.438094
12	B757	12072	9443	10354	10036	108.86	38.05	24	1400	0.569699
13	B767	960	2196	2241	2756	163.3	47.57	31	1524	0.660663
14	A300	360	617	511	728	170.5	44.84	37	1800	0.721539
15	B777	720	266	487	487	229.51	60.93	49	1950	0.851073
16	A340	24	2	4	104	275	63.5	46	1765	0.827031
17	MD11	504	387	300	416	285.99	61.7	50	2134	0.917398
18	B747	384	490	871	1144	377.84	64.4	65	2310	1

其中, I_i 是调整系数, 通过将不同机型的最大起飞全重、翼展长度以及最大着陆距离综合计算并加以适当调整而得出。

下面是中国曾经采用过的三个起降费用收取标准:

1992 年标准:

最大起飞全重(吨, T)	收费标准(元/吨)
$T < 25$	4
$25 \leq T < 100$	5
$100 \leq T < 200$	7
$T \geq 200$	8

1995 年标准:

最大起飞全重(吨, T)	收费标准(元/吨)
$T \leq 50$	558
$51 \leq T \leq 100$	$558 + 9 \times (T - 50)$
$101 \leq T \leq 200$	$1008 + 10 \times (T - 100)$
$T > 200$	$2008 + 12 \times (T - 200)$

2002 年标准:

最大起飞全重 机场类型	25 吨以下	26 吨—100 吨	101 吨—200 吨	201 吨以上
	一类	17.2	22.4	30.2
二类一级	16.9	22.0	29.7	33.8
二类二级	16.6	21.6	29.2	33.3
三类	15.4	20.0	27.0	30.8

根据 2002 年起实施的起降费用收取标准, 目前中国的机场分为三个级别, 不同级别的机场对在该机场起降的飞机的起降费用收取标准不同。因此, 在开始具体计算过程之前, 有必要首先阐明本文的三个前提假定及其合理性。

第一，假设本文所选取的分析单位具有典型代表性。本文选取了厦门高崎机场作为分析单位，我们认为厦门高崎机场能够反映中国机场的一般性特点。首先，根据中国的三级机场划分标准，厦门高崎机场是二类一级机场，具有代表性；其次，厦门高崎机场是上市公司，因而其财务数据应该具有透明性和公正性。另外，厦门机场的起降数据易于获得，其网站提供的实时网上航班起降信息为研究者提供了完整的和详细的数据。

第二，假设本文选取的分析样本具有合理性。我们选取厦门高崎机场在2002年、2003年和2005年（预计）的全年起降架次作为分析单位。选取2002年、2003年和2004年的真实起降数据来分析，一方面因为机场起降费用的前两次改革时期的数据难以获取，二是由于这三年刚好处于起降费用的第三次改革前后，因而具有代表性。为了使数据更具即时性，我们记录了2005年1月至4月期间的全部实时起降信息，又咨询机场方面的相关人士，得出了较为准确的2005年（预计）数据。没有理由认为以这种方式采集的数据不具有真实性和典型性。

第三，假设机场对不同机型收取的除了起降费用以外的其他费用都是公平的，即不存在不同机型之间的交叉补贴问题。这一假定的合理性在于，除了起降费用以外，其他所有的服务费用都是根据载客量和对机场设施的使用时间或次数来收取的，只有起降费用时一次性收取，而且这种收取存在不同机型之间进行交叉补贴的可能性，也就是说存在不公平收费的可能性。因为机场跑道建设成本与其他一般的基础设施的建设成本相比的特殊性，使得本来不需要高成本的跑道来起降的小机型和中等机型实际上却因为大机型的存在不得不在高建设成本的跑道上起降。而机场修建高建设跑道的成本最终是要通过飞机的起降费用来收回的。这就可能使得小机型和中等机型必须承担对它来说不公平的跑道建设费用，也就是存在交叉补贴的可能性，而其他费用的收取则不然。

（二）主要目标

本文主要分析中国机场以下三个问题：（1）在收取起降费方面是否存在不同机型之间的交叉补贴，即收费的公平性问题，分析工具为 Shapley 值；（2）中国关于起降费用的改革合理性问题：其中机场起降费用收取标准的改革（1992年、1995年、2002年）方向的合理性问题的分析工具为 Shapley 值，起降费上限改革的合理性问题的分析工具为 Owen 值；（3）对即将启用的超大型飞机 A380 的起降费用的收取做出理论估算，分析工具为 Shapley 值。

三、用 Shapley 值对起降费的估算

在一个机场博弈问题中,有一个有限的参与人集合 N 和非负的成本函数 $C: N \rightarrow \mathfrak{R}_+$ 。为方便起见,不失一般性地,我们把机型按照下标排序,使得当时 $i \leq j$ 时,成本函数满足不等式 $C_i \leq C_j$,或者说 C_i 是 C_j 的一部分。对一个联盟 S 来说,为其中的最大型飞机(参与人)起降建设的跑道才至关重要,即 $C(S) \equiv \max_{i \in S} C_i$ 。如此,我们就根据一般的合作博弈的方法定义机场博弈 $\langle N, C \rangle$,其中 N 代表参与人集合, C 代表成本。每个机型的每次起降(Movement)作为一个参与人(Player)。假设共有 m 种机型。对于 $i=1, 2, \dots, m, \Phi_i(C)$ 表示第 i 种机型起降一次所应缴纳的起降费用; C_i 表示为了能够起降第 i 种机型所需修建的跑道的建设成本; n_i 表示第 i 种机型的全年起降次数。

由上面的假设可知, $m=18$,且 C_{18} 就是厦门高崎机场的跑道建设成本,也就是不同机型应当分摊的总成本。我们在计算时,取 C_{18} 为《厦门机场发展股份有限公司 2004 年年度报告》中的 2003 年的主营业务成本,即 $C_{18} = 115968934.9$ 元。那么,很自然,对于, $i=1, 2, \dots, m, C_i = C_{18} \times I_i$ 。

对于 $\langle N, C \rangle$ 博弈, Shapley 值的基本计算公式是:

$$\Phi_i(C) = \sum_{S \subseteq N, i \in S} \frac{(n-s)! (s-1)!}{n!} [C(S) - C(S - \{i\})]. \quad (1)$$

其中, i 表示第 i 个参与人,即某种机型的第 i 次起降; s 表示集合 S 中参与人的数目, n 表示 N 中参与人的数目, S 是包含该种机型的 N 的子集。

Shapley 值具有四个诱人的特性(Shapley, 1953):

第一,对称性。即对于任何一个排列 π ,任何一个参与人 $i, \Phi_{\pi(i)}(\pi C) = \Phi_i(C)$,也就是博弈中具有同样地位的参与人所应分摊的成本相等。(这里博弈 πC 是被定义为对所有的 $S \in 2^N, \pi C(\pi(S)) \equiv v(S)$ 。)

第二,有效性。即 $\sum_i \Phi_i(C) = C(N)$,也就是 Shapley 值之和恰能将所要分摊的成本分摊完毕。

第三,可加性。即对于所有博弈 u 和 v ,有 $\Phi(u+v) = \Phi(u) + \Phi(v)$ 。

第四,唯一性。Shapley 值是具有上述三个特性的合作博弈论的唯一解。

实际上, Shapley 值的提出导致了一大批直接的和间接的基于 Shapley 值的合作博弈论研究以及应用,乃至极大地促进了整个合作博弈论的发展。

Shapley 值的计算在参与人很多的情况下并不一定简单,但非常幸运的是,在机场博弈中这一计算公式得到了极大的简化(Littlechild and Owen, 1973),从而大大增强了 Shapley 值计算公式的可操作性。(1) 可以被非常简单地表示为:

$$\Phi_i = \frac{\sum_{k=1}^i (C_k - C_{k-1})}{\sum_{i=k}^m n_i}, \quad i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, m; C_0 = 0. \quad (2)$$

我们在以下的定理中正式地表述这一简化结果。

定理 1 (Littlechild and Owen, 1973) 机场 (成本分摊) 博弈中的 Shapley 值可简化为

$$\Phi_j(C) = \sum_{k=1}^i (C_k - C_{k-1}) / r_k, \quad j \in n_i; i = 1, \dots, m.$$

其中, $r_k = \sum_{i=k}^m n_i$, n_i 是第 i 种类型的飞机的起降次数 (i 类型参与人的个数); 假设成本 C_i 满足 $0 = C_0 < C_1 < C_2 < \dots < C_m$ 。

直观地看, 该公式表示, 在不同机型间应该这样分摊起降费用才是公平的: 将起降第一种机型 (即最小机型) 所需的建设成本 (C_1) 在所有机型的总起降次数间平均分摊; 将起降第二种机型比第一种机型所需增加的建设成本 ($C_2 - C_1$, 即边际成本) 在除了第一种机型以外的其他所有机型的总起降次数间平均分摊; 以此类推, 直至将起降最大机型所需增加的建设成本仅在该最大机型自身起降的总次数间平均分摊。

使用公式 (2) 对我们的样本数据进行计算, 得出的结果如表 2 所示。

表 2 厦门机场的 Shapley 值起降费

编号	机型	Shapley (2002)	Shapley (2003)	Shapley (2004)	Shapley (2005)	1992 年 标准	1995 年 标准	2002 年 标准
1	D328	422.8	400.5	327.6	327.6	54.6	558.0	230.5
2	CRJ	570.9	543.5	442.6	442.6	86.1	558.0	363.7
3	ATR	532.3	505.9			90.0	558.0	380.3
4	BA46	618.3	589.3			221.1	558.0	972.9
5	YU-8	698.9	667.4	539.7	539.7	305.0	657.0	1342.0
6	B737	901.3	863.1	692.3	692.3	314.1	673.4	1382.0
7	A319	820.8	781.9	632.9	632.9	320.0	684.0	1408.0
8	MD82	1052.6	1013.7	807.8	721.1	339.1	718.3	1491.9
9	MD90	1088.7	1049.5	833.5	746.8	364.0	763.2	1601.7
10	A320	1001.9	963.3	771.9	685.3	385.0	801.0	1694.0
11	A321	1219.0	1193.9	953.7	867.1	415.0	855.0	1826.0
12	B757	2226.4	2323.3	1919.5	1832.9	762.0	1096.6	3233.2
13	B767	6262.7	4966.2	3775.9	3689.3	1143.1	1641.0	4850.0

(续表)

编号	机型	Shapley (2002)	Shapley (2003)	Shapley (2004)	Shapley (2005)	1992年 标准	1995年 标准	2002年 标准
14	A300	9776.6	8939.4	6207.6	6120.9	1193.5	1713.0	5063.9
15	B777	18904.3	21949.4	13132.9	13046.3	1836.1	2362.2	7757.7
16	A340	15872.7	18803.9	11471.3	11384.7	2200.0	2908.0	9295.0
17	MD11	27575.7	30653.7	18133.1	18029.4	2287.9	3039.9	9666.5
18	B747	52313.1	50039.8	26436.5	26332.9	3022.7	4142.1	12771.1

从表2的结果我们可以立即得出以下命题:

命题1 起降费用的收取标准中确实存在不同机型间的交叉补贴:从1995年标准到2002年标准,大机型始终处于被补贴的状态。

将表2中数据纵向比较,可以看出,18种机型的起降费都高于1992年的标准,所以,与1992年标准相比,无法得出不同机型之间是否存在交叉补贴。但是,与1995年标准相比,除了个别年份以外,前三个小机型(D328、CRJ、ATR)的实际收费都高于理论值,其他机型的实际收费都低于理论值,这说明小机型不公平地承受了过高的跑道建设成本,即小机型给予了中等机型和大机型以补贴。在与2002年的标准的比较中,改革的方向是对的,即减少了向小机型收取的起降费,而增加了中等机型和大机型的起降费。但是,不难看出,这次改革的力度存在部分过大和部分过小的不均等现象,使得小机型(D328、CRJ、ATR)的实际收费低于理论值,中等机型(从BA46到B767)的实际收费高于理论值,而大机型(从A300到B747)的实际收费仍然低于理论值,这样,就出现了中等机型给小机型和大机型进行了交叉补贴的不合理现象。也就是说,从1995年到2002年的这次改革中,尽管改变了原先对小机型的不公平,但是,却导致了对中等机型的新的不公平,而对大机型却一直存在交叉补贴,对起降费收取标准进行改革就成为必要。

应当指出,即使考察扣除了过港服务费以后的净效应,仍可得出相同的结论。如B747的载客量为400,厦门高崎机场作为二类机场,应该每个旅客收取45元的过港服务费,并且按照座位数的65%收取,这样,厦门高崎机场就应对B747收取的过港服务费为 $45 \times 400 \times 65\% \div 2 = 5850$ 元,而2005年的Shapley值计算得出的起降费为 $26332.9 - 5850 = 20482.9$ 元,即使大型机B747的起降完全没有需求价格弹性,即从Shapley值计算的起降费中减去过港服务费5850元,仍然高于目前执行的2002年标准的12771.1元。综上所述,对于B747等大型机的起降费收取不足(交叉补贴)。

总之,从1995年到2002年的改革,在消除一种类型的不公平的同时,却增加了另一种类型的而且更为严重的不公平,而这种不公平收费从本质上抑制了公平竞争机制作用的发挥。使用非合作博弈论的语言来说,交叉补贴的存在为航空公司购置大型机提供了过多的激励,导致大型机的投资过度。

由于 B747 等大型机承担的往往是三大机场间的航空干线，而这些线路是民航总局规定的小航空公司所不能经营的，所以，对大型机的交叉补贴不利于小型航空公司与大型公司进行公平竞争。

推论 1 同一机型的起降次数与其单次起降的 Shapley 值起降费负相关。

横向来看，很明显，不管是哪一个机型，只要是起降次数较多的年份，总会有较小的实际该分摊的理论成本值。这一点与下文将分析的 Owen 值的理论含义相一致，从而与起降用上限改革的合理性问题密切相关，我们将在第四部分对此加以详细论述。

此外，我们也可以根据 A380 的基本数据，使用公式 (2) 对 A380 的起降费用的收取进行粗略的预测。选取 2005 年为例，假设 A380 的起降次数为 B747 的起降次数的 1/4，则 A380 的起降次数为 286 次。为了起降 A380，根据上海浦东机场为起降 A380 改建所估算的成本，我们假设厦门高崎机场所需的改建成本为 8000 万人民币，分 20 年折旧。这样，在其他因素不变的情况下，所需分摊的成本总额为 $115968934.9 + 80000000/20 = 119968934.9$ 元人民币。使用公式 (2)，重新计算 Shapley 值，结果如表 3 所示。

表 3 考虑了 A380 起降后的各机型起降费预测值⁵

编号	机型	起降次数 (2005 年)	最大起飞 全重 (吨)	翼展 (米)	业务 载重	着陆距离 (米)	I_i	Shapley 值 (A380 起降)
1	D328	283	13.64	20.98	3	1010	0.16963	308.7
2	CRJ	624	21.523	21.21	6	1410	0.228937	417.2
3	ATR		22.5	27.05	7	1200	0.213701	
4	BA46		44.225	26.21	10	1228	0.247398	
5	YU-8	624	61	27	15	1050	0.278558	508.8
6	B737	29900	62.82	28.9	19	1506	0.355703	652.5
7	A319	3120	64	34.09	15	1350	0.33979	596.8
8	MD82	1040	67.812	32.87	18	1600	0.382278	760.8
9	MD90	1352	72.803	32.87	17	1600	0.388321	784.9
10	A320	9984	77	34.09	17	1470	0.37454	727.2
11	A321	2496	83	34.09	22	1590	0.400816	896.7
12	B757	10036	108.862	38.05	24	1400	0.521223	1794.6
13	B767	2756	163.3	47.57	31	1524	0.604446	3467.2
14	A300	728	170.5	44.84	37	1800	0.660142	5561.3
15	B777	487	229.517	60.93	49	1950	0.778654	11348.3
16	A340	104	275	63.5	46	1765	0.756657	10005.9
17	MD11	416	285.99	61.7	50	2134	0.839335	15335.7
18	B747	1144	377.842	64.4	65	2310	0.914908	21624.6
19	A380	286	560	79.8	152	2300	1	57030

⁵ 数据来源：<http://www.xmyzl.com/>。

计算结果显示,如果 A380 的起降次数为 B747 的 1/4,按照现有的机场设施、已发生的建设成本和改建成本,有“空中巨无霸”之称的 A380 要在厦门高崎机场起降一次就要缴纳 57030 元的起降费。这一费用比 B747 的理论值高很多,那也就自然可以得出,如果中国的机场起降费用的收取不积极进行新一轮改革的话,当 A380 正式投入使用以后,中小机型给予大机型的交叉补贴现象会更加严重,这种不公平性的加剧势必影响中国民航行业的竞争机制的有效性,进一步背离中国民航行业引入竞争、打破垄断的改革努力。

四、用 Owen 值计算的起降费

Owen 值是 Owen (1977) 提出的,是对 n 人可转换效用合作博弈中的 Shapley 值在考虑了同盟系统 (unions),即由多个决定了事前合作结构的参与人集合分割 (partition) 存在时的变形。在成本分摊问题中, Owen 值用 Shapley 值的精神把成本在各个同盟之间分配,而且考虑到这种分配对同盟结构的影响(参与人加入其他同盟的可能性)。因此, Owen 值在政治联盟中有着一些应用。Vázquez-Brage, Nouweland and García-Jurado (1997) 应用 Owen 值的简化表达式计算了 Labacolla 机场起降的各航空公司的不同机型的参考起降费。

Owen 值与 Shapley 值都是计算成本分摊问题中在核中的算法简便的两个分析工具,但二者在机场博弈中的不同作用体现在: Shapley 值是以每个机型的每次起降作为一个参与人 (Player),而 Owen 值是以一个航空公司作为一个整体的参与人,然后分别计算该航空公司中的不同机型所需承担的起降费。这样,如果使用 Shapley 值,则相同的机型必定承担相同的起降费,而无论是否属于同一个航空公司;如果使用 Owen 值,属于不同航空公司的相同机型所承担的起降费也可能存在差异,甚至是很明显的差异。之所以在使用 Shapley 值计算了之后,还需要用 Owen 值对同样的数据再次进行处理,是因为后者能够揭示前者所不能揭示的市场结构方面的含义。

事实上,不同规模的航空公司对于机场的吸引力是不同的,从而有理由认为理论上机场有动机对不同航空公司实施不同的起降费整体折扣,从而使得属于不同航空公司的同种机型实际交纳不同的单次起降费,这种能够反映多个参与人当中的某些参与人的“同盟特性”(a priori Union of Players) 的计算工具即为 Owen 值。它不仅能够揭示 Shapley 值所不能揭示的市场结构方面的含义,而且对于我国正在酝酿的起降费上限改革具有重要的政策意义。

下面的定理严格表述了成本分摊博弈中的 Owen 值。

定理 2 (Owen, 1977) 存在一个满足以下特性的唯一的映射 $\psi: U(N) \rightarrow R^n$:

1. 载体特性 (carrier): 对所有 $(c, P) \in U(N)$, 如果 T 是一个 c 的载体 (即 $c(S) = c(S \cap T), \forall S \subset N$), 那么 $\sum_{i \in T} \Psi_i(v, P) = v(T)$, 其中 P 是任一集合的分割集;

2. 同盟对称性 (symmetry in the unions): 对于所有 $(c, P) \in U(N)$, 所有 $P_k \in P$, 以及所有 $i, j \in P_k$, 如果 $c(S \cup i) = c(S \cup j)$ 对于所有的 $S \subset N \setminus \{i, j\}$, 则 $\Psi_i(c, P) = \Psi_j(c, P)$;

3. 商对称⁶ (symmetry in the quotient): 对于所有 $(c, P) \in U(N)$ 和所有 $P_k, P_s \in P = \{P_1, \dots, P_m\}$, 如果对于所有的 $R \subset M \setminus \{k, s\}$, 我们有 $v^R(R \cup k) = v^R(R \cup s)$, 则 $\sum_{i \in P_k} \Psi_i(c, P) = \sum_{i \in P_s} \Psi_i(c, P)$;

4. 可加性: 对所有的

$$(c, P), (\omega, P) \in U(N), \quad \Psi(c + \omega, P) = \Psi(c, P) + \Psi(\omega, P).$$

这个唯一的映射由下式给出:

$$\Psi_i(v, P) = \sum_{R \in M \setminus \{k\}} \sum_{T \subset P_k \setminus \{i\}} \frac{t!(p_k - t - 1)! r!(m - r - 1)!}{p_k! n!} \cdot (c(Q \cup T \cup i) - c(Q \cup T)).$$

其中 $P_k \in P$ 是包括 i 的同盟, $Q = \bigcup_{r \in R} P_r$, p_k, t 和 r 分别是 P_k, T 和 R 的基数。

Vázquez-Brage, Nouweland and García-Jurado (1997) 给出了机场博弈中简化的 Owen 值计算公式:

$$\Psi_{a,k}(N, C, P) = \sum_{k=1}^i \frac{(c(Q \cup T \cup i) - c(Q \cup T))}{|A_{\geq k}| \cdot |n_{\geq k}^a|}. \quad (3)$$

其中, $k=1, 2, \dots, m; i=1, 2, \dots, m; C_0=0, A$ 表示航空公司的集合, a 表示第 a 个航空公司。 $\Psi_{a,k}(N, C, P)$ 表示航空公司 a 中的第 k 种机型所应该承担的起降费用, N 是参与人集合, C 是成本, P 是对参与人的某种分割计算; n 表示起降次数; $|A_{\geq k}|$ 表示拥有第 k 种机型以及比第 k 种机型更大的机型的航空公司的数目; $|n_{\geq k}^a|$ 表示航空公司 a 中第 k 种机型以及比第 k 种机型更大的机型的总起降次数。不难看出, (3) 的证明和定理 1 的证明类似。

将我们所收集的 2005 年 (预计) 的数据按照航空公司进行整理 (各航空公司的排名不分先后) 并在各航空公司内部的各种机型按照从大到小的顺序排列后, $k=1, 2, \dots, 16; i=1, 2, \dots, 16; a=1, 2, \dots, 23$ 。使用公式 (3) 对其进行处理的计算结果见表 4。

⁶ 对于一个存在同盟系统的博弈 (c, P) , 如果 $(c, P) \in U(N)$, 当 $P = \{P_i \mid i \in M = \{1, \dots, m\}\}$, 商博弈 v^P 是: $v^P(R) = v(\bigcup_{k \in R} P_k), \forall R \subset M$ 。

表 4 厦门机场 2005 年的 Owen 值起降费

航空公司名称	航班代码	机型	周起降次数	总起降次数	Owen 值
东方航空公司	MU	CRJ	9	468	180.9
		B737	4	208	288.4
		A319	42	2184	271.5
		MD90	16	832	350.6
		A320	54	2808	322.4
		MD11	8	416	35432.2
香港港龙航空公司	KA	A320	8	416	1401.5
		A321	18	936	1545.2
		A330	2	104	15845.9
		B747	6	312	40392.3
南方航空公司	CZ	B737	85	4420	139.1
		A319	18	936	128.8
		MD82	20	1040	159.1
		MD90	10	520	164.0
		A320	98	5096	152.1
		A321	12	624	226.9
		B757	38	1976	737.5
新加坡航空公司	MI	A320	12	624	3403.6
		A321	2	104	5271.6
四川航空公司	3U	A320	12	624	3403.6
		A321	2	104	5271.6
澳门航空公司	NX	A321	14	728	2590.5
		A300	8	416	11296.8
香港国泰航空公司	CX	A330	4	208	42135.8
		A340	2	104	48066.4
厦门航空有限公司	MF	B737	341	17732	80.4
		B757	145	7540	264.4
中国国际航空公司	CA	CRJ	12	624	300.8
		B737	40	2080	505.6
		B767	28	1456	2295.1

(续表)

航空公司名称	航班代码	机型	周起降次数	总起降次数	Owen 值
中国邮政航空公司	Y8	B737 (Y8)	12	624	2439.6
深圳航空公司	ZH	B737	14	728	2791.6
海南航空公司	HU	B737	50	2600	781.6
上海航空公司	FM	B737	19	988	1347.7
		B757	10	520	4015.0
山东航空公司	SC	B737	16	832	2442.7
菲律宾航空公司	PR	B737	2	104	3256.9
		A320	4	208	3496.5
		A330	2	104	24076.4
		B747	4	208	60895.9
		B767	19	988	6408.2
		B767	19	988	6408.2
日本全日空航空公司	NH	B767	19	988	6408.2
泰国国际航空公司	TG	A300	6	312	29550.2
马来西亚航空公司	MH	A330	6	312	42135.8
大韩航空公司	KE	B737	4	208	6513.7
		A330	2	104	71506.0
新加坡航空公司	SQ	B747	12	624	61431.6
日本航空公司	JL	B767	6	312	20292.8
惠旅航空公司	VF	A320	2	104	23824.9

由表4可以立即得出以下推论。

推论2 不同航空公司的“规模”与其所拥有的相同机型应支付的单次起降费用负相关。其中，航空公司的“规模”既包括每种特定机型的起降次数，也包括所有机型的起降次数。

通过Owen值的计算公式和计算过程，我们可以很清楚地看到，如果一个航空公司拥有的机型越大，而且其所拥有的飞机的起降次数越多，则属于该航空公司的所有机型所承担的起降费用比其他航空公司的同种机型所承担的相应的起降费用都要低。这就是不同的航空公司的谈判力量的经济效果。因为在Owen值的计算过程中，整个航空公司是被看成一个参与人，这样，在一定的限度内，航空公司的经营效率越高，在同样的成本结构下所能够争取的起降次数也多，所拥有的优质资源和谈判力量就越多，因而其所承担的单位平均成本就比小的航空公司要少。

命题2 从合作博弈论的角度来看，即将实施的起降费上限改革与Shapley值和Owen值的理论含义相符，是去除了不同航空公司金融能力和航线规

制因素外, 一个公平的成本分摊方案。

新规制经济学的分析表明, 在信息不对称的情况下, 价格上限管制 (Price Cap Regulation, PCR) 比回报率规制 (Rate of Return, ROR) 更能使被规制企业有效运营, 激励其降低成本和提高质量的努力。机场, 作为被规制企业, 比规制者, 如民航总局等更了解不同航空公司的起降费需求价格弹性, 因此, 只要价格上限的值设置合理, 能诱导机场实施类似 Ramsey 价格。而且, 起降费上限规制在机场问题中还可以避免一般的价格上限规制的弱点: 规制俘虏和信息租金损失。因为一般行业的成本信息规制者难以获得, 而机场建设成本较为易于获得, 从而压抑了被规制企业向规制部门进行寻租的动机。

从前面的分析可见, 中国现行的起降费收取标准使得不同机型之间存在交叉补贴, 从而有失公平, 因此需要改革。Shapley 值的特性使得它能够保证公平性, 但是我们并不建议单一地使用 Shapley 值收取起降费, 因为那样会失去效率。如上所述, 每一个机型的 Shapley 值与所有航空公司所拥有的该机型的总起降次数成反比, 这样, 单个航空公司降低成本、增加起降次数的行动对于拥有相同机型的其他航空公司来说就具有正的外部性, 所以每个航空公司都有充当“免费搭车者”的激励, 从而降低成本的动力不足, 以致失去效率, 即单一地使用 Shapley 值规制的经济效果就类似于 ROR 规制, 从而发生效率的扭曲。

另一方面, 我们也不建议简单地按照 Owen 值来收取起降费用。Owen 值的计算过程暗示了, “规模”小的航空公司会在与机场之间的谈判中居于劣势, 不利于参与市场竞争。而 Owen 值的计算, 是由市场主体之间的自主和自愿的谈判过程决定的, 从而能够保证效率。但是, Owen 值却无法保证 Shapley 意义上的公平⁷。

因此, 硬性单一地按照 Shapley 值或者 Owen 值来收取起降费, 要么会扭曲效率, 要么会扭曲公平。而规制部门的职责就是, 在保证效率的前提下, 强制公平。所以, 我们的建议是对起降费的收取实施 Shapley 上限规制, 而在这个上限之下, 由市场主体即航空公司和机场之间通过谈判来决定, 也就是收取 Owen 值。这样, 我们的分析就从理论上支持了中国民航总局正在酝酿实施的起降费上限的改革方案⁸。

⁷ 将表 2 和表 4 进行对比, 可以发现, 当同一个机型属于不同的航空公司时, 所要缴纳的 Owen 值有的比 Shapley 值小, 有的比 Shapley 值大。既然 Shapley 值体现的是公平性, 那么比 Shapley 值大的 Owen 值就扭曲了公平。

⁸ 据《新京报》2005 年 3 月 11 日报道, 民航总局机场司司长张光辉 3 月 8 日称, 民航总局目前计划在全国所有机场施行新的定价措施, 暂时的设想是限定最高收费额, 下限放开, 这样即可以避免机场凭借垄断牟取暴利, 也可以帮助中小机场利用政策相应降低起降费水平, 吸引更多的航空公司带来更多的航线。张还解释这样的政策是针对目前国内 85% 的机场处于亏损的情况, 通过放开飞机起降费的方式, 缓解中小机场的经营压力。

另外，很重要的一点是，如果在放开起降费的同时，航线规制仍然不能放松的话，可能会导致大航空公司对小航空公司的不公平竞争⁹。不相应地进行配套的放松规制改革，起降费 PCR 规制的效果将大打折扣，甚至出现负面效用。

命题 3 起降费的上限应该是相机的 Shapley 上限（即复合上限）。

鉴于 Shapley 值良好的特性，我们建议起降费用的上限定为 Shapley 上限，即各个机型的起降费上限由各个机场当年的 Shapley 值（和起降架次相关）决定。由表 2 显然可见，这一数值不是固定不变的，而是与起降次数呈负相关的。如果单纯地以某一固定数值作为上限，则难以实现公平的目标。Shapley 值起降费上限能够保证公平的收费标准。事实上，由于机场处于相对的垄断地位，规制者的价格上限的目标就是强制公平。

五、基本结论

我们讨论了中国机场起降费改革的几个标准，同时使用厦门高崎机场 2002 至 2005 年的起降数据，用 Shapley 值和 Owen 值方法计算了起降费的合理收费值范围。我们从合作博弈论角度和新规制经济学角度讨论和评价了过去的起降费标准和即将实施的起降费上限规制。

本文得出的基本结论是：

1. 中国现行的机场起降费用的收取标准确实存在不同机型之间的交叉补贴：从 1995 年标准的小机型给中等机型和大机型以补贴，到 2002 年标准的中等机型给予小机型和大机型以补贴，大型机被补贴的状态一直没有改变。

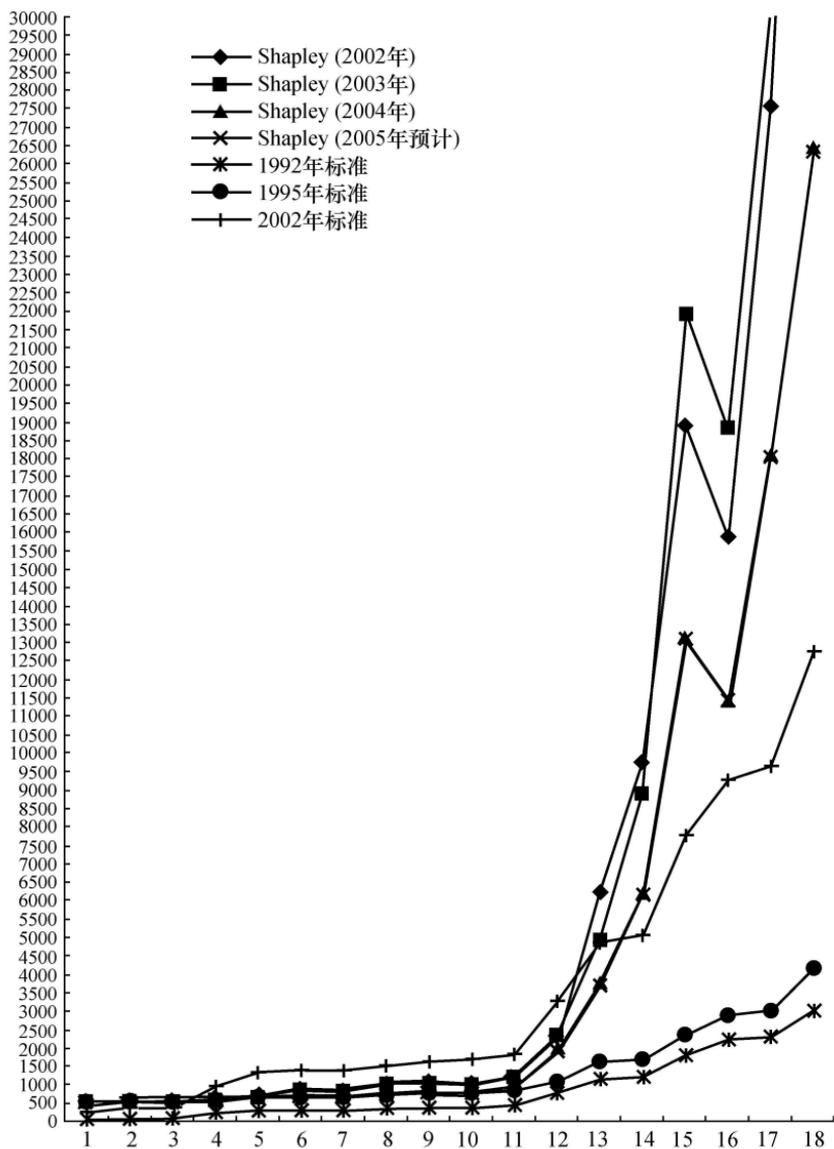
2. 起降费上限的改革与 Shapley 值和 Owen 值的政策含义相吻合，从非合作博弈论出发的新规制经济学角度来看，起降费上限规制也是较单一 Shapley 值价格规制的更优的方案，即理论分析支持这一改革措施，但同时应该注意对下游企业（航空公司）的规制应当同时放松，以保证其竞争的公平性。

3. 我们的分析建议所采用的上限标准可以为 Shapley 值起降费；当然这是一个相机的起降费标准，但其计算非常简便。

4. 根据估算的为起降 A380 准备的厦门高崎机场改建成本，我们对 A380 的起降收费的 Shapley 值上限粗略估计为 57030 元（假定起降次数仅为 B747 的 1/4）。

⁹ 目前的规制限定了只有三大航空集团可以运营三大机场间的航线。

附录 1 根据 Shapley 值绘制的图表



参 考 文 献

- [1] Baker, M. J. and associates, *Runway Cost Impact Study*, Report Presented to the Association of Local Transport Airlines, Jackson, MI, 1965.
- [2] Brânzei, R., E. Inarra, S. Tijs and J. M. Zarzuelo, "A Sharing Rule for a Cost Allocation Problem", Mimeo, 2002a.
- [3] Brânzei, R., E. Inarra, S. Tijs and J. M. Zarzuelo, "Cooperation by Asymmetric Agents in a Joint Project", Mimeo, 2002b.
- [4] Dubey, Pradeep, "The Shapley Value as Aircraft Landing Fees-Revisited", *Management Science*, 1982, 28(8), 869—874.
- [5] Kopelowitz, A., "Computation of the Kernels of Simple Games and the Nucleolus of N-person Games", RM No. 31, Department of Mathematics, Hebrew University of Jerusalem, 1967.
- [6] Littlechild, Stephen, "A Simple Expression for the Nucleolus in a Special Case", *International Journal of Game Theory*, 1974, 3(1), 21—29.
- [7] Littlechild, Stephen, "Common Costs, Fixed Charges, Clubs and Games", *Review of Economic Studies*, 1975, 42(1), 117—124.
- [8] Littlechild, Stephen and Grahame F. Thompson, "Aircraft Landing Fees: A Game Theory Approach", *Bell Journal of Economics*, 1977, 8(1), 186—204.
- [9] Littlechild, Stephen and Guillermo Owen, "A Simple Expression for the Shapley value in a Special Case", *Management Science*, 1973(3), 20, 370—372.
- [10] Littlechild, Stephen and Guillermo Owen, "A Further Note on the Nucleolus of the 'Airport Game'", *International Journal of Game Theory*, 1976, 5, 91—95.
- [11] Owen, Guillermo, "Values of Games with a Priori Unions", In: Henn, R., Moeschlin, O. (eds.), *Mathematical Economics and Game Theory*, Berlin: Springer Verlag, 1977, 76—88.
- [12] Potters, Jos and Peter Sudhölter, "Airport Problems and Consistent Allocation Rules", *Mathematical Social Science*, 1999, 38(1), 83—102.
- [13] Shapley, Lloyd S., "A Value for n -person games", *Annals of Mathematics Study*, No. 28, In Kuhn, Harold William and Albert William Tucker(eds.) *Contributions to the Theory of Games*, Vol. II, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1953, 307—318.
- [14] Thompson, Grahame F., "Airport Costs and Pricing", Ph. D. Thesis submitted to University of Birmingham, 1971.
- [15] Tijs, S. H., "Bounds for the Core and the τ -value", In O. Moeschlin and Pallaschke, D. (eds.) *Game Theory and Mathematical Economics*, North-Holland Publishing, Amsterdam, 1981, 123—132.
- [16] Vázquez-Brage, M., A. van den Nouweland and I. García-Jurado, "Owen's Coalitional Value and Aircraft Landing Fees", *Mathematical Social Science*, 1997, 34, 273—286.

Airport Game and Landing Fee Reform in China: A Cooperative Game Theory Evaluation

BAOMIN DONG GUIXIA GUO

(University of International Business and Economics)

Abstract This paper studies the airport game and computes the Shapley value and Owen value for landing charges for 18 types of aircrafts in Xiamen Gaoqi Airport, using 2002 to 2005 data. We give a comparison between the cooperative game value charges and three tariff schemes used historically in the Chinese civil aviation industry. This paper also discusses the proposed price cap regulation on landing fees from both cooperative game and incentive regulation perspectives. A byproduct of this research is an estimated price ceiling for A380, the largest aircraft ever which will land in major Chinese airports.

JEL Classification C71, L51, L93