



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경제학석사학위논문

중국 공항비용배분에 관한 연구

2013년 2월

서울대학교 대학원

경제학부 경제학전공

양 명 신

# 중국 공항비용배분에 관한 연구

지도교수 전영섭

이 논문을 경제학 석사학위논문으로 제출함

2013년 2월



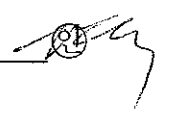
서울대학교 대학원

경제학부 경제학 전공

양명신

양명신의 경제학 석사학위논문을 인준함

2013년 2월

위원장	_____	주병기	
부위원장	_____	전영섭	
위원	_____	김진우	

## 국문초록

본 논문에서는 협조적 게임의 해인 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법과 평균법을 공항비용게임에 적용하여 2011년 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙료 수익과 효율체계를 사용하여 비교분석을 하였다. 실증분석 결과, 북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 효율제도하에서는 소형기종들이 대·중형 기종보다 상대적으로 적게 착륙료를 부담하고 있으므로 협조적 게임이론의 입장에서는 공정하지 못하다. 협조적 게임의 해와 실제효율 사이의 관계에서는 북경수도국제공항과 인천국제공항 모두 샤플리밸류가 실제효율과 가장 가깝다.

**주요어:** 공항비용게임, 협조적 게임, 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법, 착륙료

**학 번:** 2008-23486

# 목 차

1. 서 론.....	1
2. 비용배분게임.....	4
2.1 비용배분게임의 정형화.....	4
2.2 협조적 게임 4가지 해의 정의.....	5
2.2.1 샤플리밸류(Shapley value).....	5
2.2.2 중핵(Nucleolus).....	5
2.2.3 비용격차법(Cost gap method 혹은 $\tau$ -value).....	7
2.2.4 평균법(Equal division).....	7
3. 공항비용게임.....	9
3.1 공항비용게임의 특성.....	9
3.2 공항비용게임에서 협조적 게임 해들의 정의.....	11
3.2.1 공항비용게임의 샤플리밸류.....	11
3.2.2 공항비용게임의 중핵.....	11
3.2.3 공항비용게임의 비용격차법.....	12
3.2.4 공항비용게임의 평균법.....	13
4. 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙요율 설정과 비교.....	14
4.1 연구의 필요성.....	14
4.2 북경수도국제공항과 인천국제공항의 수익 및 착륙요율 현황.....	16
4.2.1 북경수도국제공항과 인천국제공항의 수익구조.....	16
4.2.2 북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 착륙요율체계.....	16
4.3 협조적 게임이론을 응용한 착륙요율설정.....	17
4.3.1 모형.....	17
4.3.2 북경수도국제공항과 인천국제공항 각 항공기 기종별 착륙료배분.....	20
4.4 중국과 한국 현행 요율체계와의 비교.....	23
4.5 상대적 가중편차를 이용한 각종 착륙료 간의 차이 측정.....	26
5. 결 론.....	27
참고문헌.....	29
부록.....	31

<그림1>북경수도국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료(가중치1:2)...	21
<그림2>인천국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료 (가중치1:2).....	21
<그림3>북경수도국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료(가중치1:3)...	22
<그림4>인천국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료(가중치1:3).....	22
<표 1> 북경수도국제공항의 수익구조(2011).....	31
<표 2> 인천국제공항의 수익구조(2011).....	31
<표 3> 북경수도국제공항 및 한국 인천국제공항의 현행 착륙료율체계.....	32
<표 4> 북경수도국제공항 기종별 운항회수,최대이륙중량,이륙거리(2011).....	33
<표 5> 인천국제공항 기종별 운항회수,최대이륙중량,이륙거리(2011).....	34
<표 6> 북경수도국제공항 기종별 공헌지수.....	35
<표 7> 한국 인천국제공항 기종별 공헌지수.....	36
<표 8> 북경수도국제공항 착륙료의 샤플리밸류.....	37
<표 9> 인천국제공항 착륙료의 샤플리밸류.....	38
<표10> 북경수도국제공항 착륙료의 중핵.....	39
<표11> 인천국제공항 착륙료의 중핵.....	40
<표12> 북경수도국제공항 착륙료의 비용격차법.....	41
<표13> 인천국제공항 착륙료의 비용격차법.....	42
<표14> 북경수도국제공항 착륙료의 평균법.....	43
<표15> 인천국제공항 착륙료의 평균법.....	43
<표16> 북경수도국제공항 현행 요율체계에 의한 착륙료(2011).....	44
<표17> 북경수도국제공항 실제 착륙료 수익에 의한 조정후 착륙료.....	45
<표18> 인천국제공항 현행 요율체계에 의한 착륙료(2011).....	46
<표19> 인천국제공항 실제 착륙료 수익에 의한 조정후 착륙료.....	46
<표20> 북경수도국제공항과 인천국제공항 착륙료 협조적 게임 해들의 RWSD값.....	47

# 1. 서론

우리는 일상생활에서 흔히 비용배분에 직면하게 된다. 특히 공공시설의 설치나 공항, 부두, 댐 등 큰 공정의 시공과 사용에 있어서 목표물을 사용하는 주체들이 협조하여 비용을 크게 절감할 수 있는 경우에 비용배분문제에 접하게 된다. 그러므로 비용배분문제는 참가하는 경기자들이 어떻게 비용을 공정하게 분담하겠는가 하는 문제로 된다.

비용배분문제는 기본적으로 두 가지 성질을 만족시켜야 한다. 하나는 모든 비용을 참가하는 경기자들에게 배분해야 하며 남거나 초과하지 말아야 한다. 다른 하나는 더 많이 사용하는 경기자들이 더 많이 부담해야 하는 것이다.

이러한 기본조건과 함께 다른 많은 공리들을 둘러싸고 협조적 게임에서 다양한 해들이 제기되었다. 그 대표적인 해가 샤플리밸류(Shapley value)(Shapley, 1953), 중핵(Nucleolus)(Schmeidler, 1969)과 비용격차법(Cost gap method 혹은  $\tau$ -value)(Tijs and Drissen, 1986)을 들 수 있다. 샤플리밸류는 게임에 참가하는 경기자의 한계비용에 초점을 맞추어 경기자가 모든 가능한 연합에서의 한계비용을 가중평균하여 해를 정한다. 중핵은 협조적 게임에서 모든 가능한 연합으로 발생하는 초과수익(비용절감부분)의 최소값을 극대화하여 해를 정한다. 비용격차법의 경우는 경기자가 참여함으로써 발생하는 한계비용 즉 분리가능비용과 총 비용에서 모든 경기자들의 분리가능비용을 차감하여 생기는 분리불가능비용으로 구분하여 해를 정한다.

이러한 협조적 게임의 해를 기초로 재산상속문제, 공항활주로, 다목적댐 등 다양한 분야에 적용되어 연구가 이루어 졌다. 흥미로운 점은 협조적 게임의 해를 상이한 예제에 적용했을 때 실제 상황의 특성에 맞게 원래 복

잡하던 게임의 해들을 단순화하여 쉽게 구할 수 있는 다양한 방법들이 제기되고 있다는 것이다. 예를 들면 Littlechild and Owen(1973)은 공항게임에서 샤플리밸류를 단순화하였고 Littlechild(1974)는 중핵을 공항게임에 적용하여 단순화하였다. 이러한 연구성과들은 후속 연구자들로 하여금 복잡하던 협조적 게임의 해들을 현실 상황에 접목하여 실제 실행되고 있는 요율 혹은 비용체계와 비교분석 가능하게 하였다.

이상원·이종철·전영섭(1997)은 한국 김포공항의 착륙비용 자료를 바탕으로 샤플리밸류, 중핵과 비용격차법을 적용하여 당시 김포공항의 착륙요율과 비교분석하였다. 결과 실행중인 요율체계가 샤플리밸류와 제일 가깝다는 결론을 도출하였다. 이는 그 당시 항공기 중량에 근거하여 착륙요금을 징수하는 체계와 대응된다.

본 논문은 이러한 선행연구에 기초하여 중국 내 공항착륙료를 고찰하고자 한다. 중국은 개혁개방이래 경제개혁으로 많은 변화를 가져왔지만 중요한 산업에서의 가격결정에 있어서는 시장참여자들의 주도보다는 정부주도를 유지해왔다. 이러한 현황에서 중국 내 공항착륙요율체계가 협조적 게임에서의 해들과 어떠한 관계를 갖는지 비교분석하는 것이 본 논문의 목적이다. 본 논문은 이상원·이종철·전영섭(1997)의 논문에서의 연구방법을 사용하여 북경수도국제공항의 요율체계를 분석하고자 한다. 그리고 북경수도국제공항과 비슷한 규모인 한국 내 인천국제공항의 요율체계도 분석하여 두 공항의 요율체계를 비교한다.

결론적으로 북경수도국제공항과 인천 국제공항의 요율체계는 게임의 해 중에서 샤플리밸류와 더욱 가깝다. 그리고 현행 항공기 착륙요율체계를 공항비용게임에 근거한 기종별 배분액과 비교해보면 소형기종은 상대적으로 더 큰 이득을 보고 있다. 소형기종이 현행 요금체계에 의하여 이득을 보게 되는 이유는 북경과 인천국제공항의 현행 요율체계가 모두 최대이륙



중량만을 착륙료 설정의 기준으로 삼고 있다는 데 있다. 이륙거리를 고려하지 않은 상황에서 소형항공기의 공항시설사용 몫이 과소평가 되었다는 것이다. 비교분석에서 북경수도국제공항은 인천국제공항보다 소형기종 구간의 수가 많기 때문에 북경수도국제공항의 소형기종은 인천국제공항보다 상대적으로 이득을 적게 보고 있다. 중형기종과 대형기종은 현행 요율체계에서 손해를 보고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 현행 요율체계하에서는 소형기종들이 중형과 대형 기종들의 착륙료 지출로부터 보조를 받고 있다는 것으로 설명된다. 이러한 결론들은 97년 김포공항의 결론과 비슷하다. 즉 오랜 시간이 지났음에도 불구하고 소형기종들은 요율체계의 변화에서 시종 이익을 받고 있다는 점이다. 이러한 점들은 향후 요율정책 책정에서도 응당 주목해야 할 만한 부분이라고 생각된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 비용배분문제를 협조적 게임이론으로 정형화하고 본고에서 논의할 주요 해들의 개념을 소개하였다. 제3장에서는 공항비용게임을 정의하고 협조적 게임이론에서의 해들을 공항비용게임의 특성에 근거하여 단순화시켰다. 제4장에서는 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙요수익 자료를 사용하여 위의 해들을 적용한 다음 현재 두 공항의 착륙요율 체계와 비교하였다. 제5장에서는 결론을 정리하고 논문의 한계점과 앞으로의 과제를 제시하였다.

## 2. 비용배분게임

### 2.1 비용배분게임의 정형화

우리는 공공시설 혹은 인프라시설 등 투자규모가 큰 경우에 협조적 게임을 많이 적용하게 된다. 게임에서 흔히  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  으로 경기자들의 대연합(grand coalition)을 표시한다.  $N$  의 임의의 부분집합  $S$  를 연합(coalition)이라고 하고  $|S| = s$  로 연합  $S$  에 속한 경기자들의 수를 표시하자. 각 경기자들은 공공시설을 사용하는 상황에 따라 각자 부담하는 비용을 결정하게 된다.

모든 연합  $S$  에 대하여 비용함수  $c$  를 정의하며 연합  $S$  의 비용  $c(S)$  는 연합  $S$  에 속한 경기자들에 의해 발생하는 비용을 나타낸다. 만약 연합  $S$  가 어떤 경기자도 포함하지 않으면 비용을 0으로 가정한다. 수식으로 표현하면  $c(\emptyset) = 0$  이다.

협조적 게임에 있어서 서로 분리된(disjoint) 임의의 두 연합이 서로 협조하게 되는 동기는 협조한 비용이 각 연합이 부담하는 비용의 합보다 크기 때문이다. 수식으로 표현하면  $c(S \cup T) \leq c(S) + c(T)$  ( $S \cap T = \emptyset$ ) 이고 이 성질을 수학적으로 하위가산성(subadditivity)이라 한다. 우리는 이 성질을 충족시키는 비용함수  $c$  를 비용배분게임의 특성함수(characteristic function)라고 부른다.

마지막으로 경기자에게 배분되는 비용을 함수  $\varphi: c \rightarrow \mathbb{R}^N$  로 정의하며  $\varphi_i(c)$  로 비용함수가  $c$  인 경우 경기자  $i$  에게 배분된 비용을 나타낸다. 따라서 벡터  $\varphi(c) = (\varphi_i(c))_{i \in N}$  은 모든 경기자  $i$  에게 배분된 비용의 벡터값이

다. 이때  $\phi$ 를 비용배분방법(cost allocation method)이라고 한다.

다음 절에서는 협조적 게임에 있어서 대표적인 해의 방법인 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법과 평균법 등 4가지 해를 소개하기로 한다.

## 2.2 협조적 게임 4가지 해의 정의

### 2.2.1 샤플리밸류(Shapley value)

샤플리밸류(Shapley value)는 1953년 Shapley의 논문에서 처음으로 제안된 협조적 게임의 해로서 참가한 경기자  $i$ 의 한계비용에 근거하여 비용을 배분하는 방법이다. 경기자  $i$ 가 받게 되는 비용은 각 연합에 대하여 그 경기자  $i$ 의 추가로 발생하게 되는 한계비용의 가중평균치이다. 그 중 연합  $S$ 의 가중치는 임의의 배열에서 경기자  $i$ 보다 연합  $S$ 가 먼저 형성되고 그 뒤에  $N \setminus (S \cup \{i\})$ 가 올 확률이다.

**정의1:** 비용함수  $c$ 와 모든 경기자  $i$ 에 대하여 샤플리밸류는

$$SV_i(c) = \sum_{0 \leq s \leq n-1} \frac{s!(n-s-1)!}{n!} \sum_{S \subset N \setminus i, |S|=s} \{c(S \cup \{i\}) - c(S)\}$$

로 정의한다.

### 2.2.2 중핵(Nucleolus)

중핵(Nucleolus)은 1969년에 Schmeidler의 논문에서 처음으로 소개된다. 샤플리밸류는 모든 경우에 항상 유일하게 존재한다는 장점을 갖고 있지만 코아에 속하지 않을 수도 있다는 문제점이 있다. 중핵은 코아가 존재할 경

우 언제나 코아에 속한다는 장점을 갖고 있다. 그 뒤로 중핵은 다양한 분야에 적용되면서 발전되어 왔다.

중핵을 정의하기 전에 먼저 초과수익(excess)을 소개하자.  $x$ 를 배분한 비용으로 할 때  $N$ 에 속하는 연합  $S$ 에 대하여  $e(x, S) = c(S) - \sum_{i \in S} x_i$ 를  $x$ 에 대한 연합  $S$ 의 초과수익이라고 한다.

본 논문에서는 전영섭(2001)의 정의를 인용하여 중핵을 정의한다.

**정의2:** 모든 비용함수  $c$ 에 대하여,  $x \in R^N$ 가  $\sum_{i \in N} x_i = c(N)$ 인 비용배분의 집합을  $B$ 라고 하자.  $B$ 에 속한 비용배분  $x$ 에 대해 모든 연합들의 초과수익  $e(x, S) \in R^{2^N - 1}$ 를 계산하여 작은 값부터 큰 값의 순으로 나열한 후, 이를  $B$ 에 속한 다른 비용배분과 사전편찬식 순서(lexicographic ordering)로 비교한 후, 이 중 가장 선호되는 초과수익벡터를 지닌 비용배분을 선택하면 이것이 바로 중핵에 의한 비용배분이다. 즉 모든 비용배분  $x$ 의 초과수익벡터  $e(x, S)$ 와 비용배분  $\gamma$ 의 초과수익벡터  $e(\gamma, S)$ 를 가장 작은 값부터 사전편찬식으로 비교하여 배분  $\gamma$ 의 초과수익벡터가 가장 크다면 비용배분  $\gamma$ 가 가장 선호되며, 이 배분  $\gamma$ 가 바로 중핵에 의한 비용배분이다.

즉 중핵은 초과수익의 최소값을 가장 크게 해주는 비용배분을 의미하는 것으로 기하학적으로는 코아의 영역에서 무게중심을 찾는 것과 동일하다. 샤플리밸류가 경기자의 한계공헌을 강조한다면 중핵은 평등을 주장하는 셈이다. 중핵은 샤플리밸류에 비해 코아에 늘 속한다는 장점(코아가 공집합이 아닌 전제조건)을 갖고 있지만 계산이 복잡하다는 단점도 갖고 있다.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> 샤플리밸류와 중핵에 관한 자세한 설명은 전영섭(1991)과 김호중·전영섭(2001)을 참조하라.

### 2.2.3 비용격차법(Cost gap method 혹은 $\tau$ -value)

비용격차법(Cost gap method 혹은  $\tau$ -value)은 Tijs와 Drissen이 1986년에 처음으로 소개한다. 그들은 총 비용을 분리가능한 비용(separable cost)과 분리불가능한 비용(nonseparable cost)으로 나누었다. 경기자  $i$ 의 분리가능한 비용은 대연합(grand coalition)  $N$ 에서의 경기자  $i$ 의 한계비용이며 분리불가능비용은 대연합의 총비용에서 각 경기자들의 분리가능비용을 빼낸 나머지로 정의된다.  $m_i^C$ 로 경기자  $i$ 의 분리가능비용을,  $g^C(N)$ 로 분리불가능비용으로 정의하면,  $m_i^C = C(N) - C(N \setminus i)$ ,  $g^C(N) = C(N) - \sum_{i \in N} m_i^C$ 이다.

**정의3:** 모든  $i \in N$ 에 대하여

$$w_i^C = \min_{S: i \in S} \{g^C(S)\}, \quad a_i = \frac{w_i^C}{\sum_{j \in N} w_j^C}$$

로 정의하자. 이 때 모든 비용함수  $c$ 와 모든 경기자  $i$ 에 대해 비용격차법  $CG$ 는

$$CG_i(c) = m_i^C + a_i g^C(N)$$

로 정의된다.

### 2.2.4 평균법(Equal division)

평균법(Equal division)은 말그대로 참가하는 경기자들이 똑같이 비용을 부담하는 방법이다.  $n$ 명의 경기자들이 협조하여 총 비용  $c(N)$ 을 균등하게 분담할 때 경기자  $i$ 가 분담하는 비용은

$$ED_i = \frac{c(N)}{n}$$

로 정의된다.

다음 장에서는 공항비용게임의 특성을 소개하고 이에 맞추어 단순화한 협조적 게임의 해들을 살펴보기로 하자.

### 3. 공항비용게임

협조적 게임에 있어서 다양한 해들이 제기되고 있지만 실제로 계산과정에 있어서 모든 경기자들의 연합 가능성, 즉  $2^n - 1$ 개 연합의 비용을 계산해야 하므로 과정이 복잡하다. 그러나 공항게임 등 특수한 상황에 있어서는 이러한 해들을 상황에 맞추어 단순화할 수 있다. 이 장에서는 공항비용게임의 특성을 논의하고 위에서 제기한 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법 그리고 평균법을 공항게임의 특성에 맞게 단순화한다.

#### 3.1 공항비용게임의 특성

항공기 이착륙의 주요한 시설중의 하나가 활주로이며 활주로의 건설은 최대유형 항공기<sup>2</sup>에 의해 결정된다. 최대유형 항공기의 이륙거리가 결정되면 필요한 활주로의 길이가 결정된다. 그리고 항공기가 지속적으로 활주로를 사용하는데 있어서 운항회수도 고려해야 할 것이다. 따라서 공항게임에서는 한 유형의 항공기가 한번 착륙하는 행위를 한 명의 경기자로 보면 된다. 아래 수식으로 모형을 정의해 보자.

모든 유형 항공기들의 총 운항회수 집합을  $N$  이라고 하고 그 숫자를  $n$  이라고 하자. 항공기의 유형을  $i=1,2,\dots,m$  으로 나타내고,  $i$  유형의 항공기의 운항회수의 집합을  $N_i$  로, 그 집합의 수를  $n_i$  로 하면 아래 수식이 성립된다.

---

<sup>2</sup> 여기서 최대유형 항공기는 이륙중량과 이륙거리가 모두 최대이거나 그 중 하나가 최대인 항공기를 통털어 가리킨다.

$$\bigcup_{i=1}^m N_i = N, \quad \sum_{i=1}^m n_i = n$$

$c_i$  를  $i$  유형의 항공기가 공항을 사용하는데 드는 비용이라고 하자. 공항비용게임에서 일반성을 상실하지 않고 각 유형 항공기가 소요되는 비용을 가장 작은 것부터 순차적으로 나열할 수 있다.

$$0 = c_0 < c_1 < c_2 < \dots < c_m$$

즉 비용이 가장 많이 드는 항공기의 사용이 가능하면 그보다 작은 모든 유형의 항공기도 사용가능하다는 얘기이다. 그러면 공항게임에서는 경기에 참가한 모든 경기자들이 그들 중 최대 비용, 즉 최대 유형 항공기에 드는 비용을 배분하는 문제로 바꿀 수 있다. 그러므로 임의의 연합  $S \subset N$ 에 대하여 공항비용게임의 특성함수는

$$c(S) = \max\{c_i : 1 \leq i \leq m, i \in S, S \neq \emptyset\}$$

로 정의된다.

$x_i$  로  $i$  유형의 항공기에 배분되는 비용을 함수  $\varphi$  로 비용배분 해를 정의하면  $\varphi(c(N)) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  이다. 그리고  $\sum_{i=1}^n x_i = c(N)$  을 만족한다.

다음 절에서는 공항게임에서의 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법 그리고 평균법을 정의하자.



## 3.2 공항비용게임에서 협조적 게임 해들의 정의

### 3.2.1 공항비용게임의 샤플리밸류

Littlechild and Owen(1973)은 공항게임에서의 샤플리밸류를 단순화하였다.  $k=1, 2, \dots, m$ 에 대하여  $R_k = \bigcup_{i=k}^m N_i$ ,  $r_k = \sum_{i=k}^m n_i$ 로 정의하면 샤플리밸류  $SV$ 는 항공기의 모든 유형  $i=1, 2, \dots, m$ 과 모든 경기자  $j \in N_i$ 에 대하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SV_j(c) = \sum_{k=1}^i \frac{c_k - c_{k-1}}{r_k}, \quad c_0 = 0$$

즉 제일 작은 유형의 항공기가 사용하는 이착륙시설은 그보다 큰 모든 유형의 항공기가 함께 사용하므로 이 부분은 모든 유형의 항공기들이 똑같이 분담한다. 두번째로 작은 유형의 항공기가 사용하기 위해 추가되는 이착륙시설 부분은 그 항공기와 보다 큰 유형의 항공기들이 같이 사용하므로 최소유형의 항공기를 제외한 나머지 항공기들이 똑같이 분담한다. 즉 추가되는 이착륙시설 부분은 이 부분 사용에 해당하는 항공기들이 분담한다.

### 3.2.2 공항비용게임의 중핵

Littlechild(1974)는 공항비용게임에서의 중핵을 아래와 같이 단순화하였다.  $M_i = \sum_{j=1}^i n_j$ 를 정의한다. 그러면 공항게임에서의 중핵은

$$x_i = r_k, \quad i_{k-1} < i < i_k, \quad k = 1, \dots, k'$$

로 정의된다.  $r_k$ 와  $i_k$ 는 수학적 귀납법으로 아래와 같이 정의한다.

$$r_k = \min \left\{ \min_{i_{k-1}+1, \dots, n-1} \frac{c_i - c_{i_{k-1}} + r_{k-1}}{M_i - M_{i_{k-1}} + 1}, \frac{c_n - c_{i_{k-1}} + r_{k-1}}{M_n - M_{i_{k-1}}} \right\}$$

$i_k$  는 위의 수식을 최소화하는  $i$ 의 값 중에서 최대값을 나타낸다. 처음 시작에서는  $r_0 = i_0 = c_0 = 0$  으로 한다.  $k=1$  일때 위의 수식 중에서 제일 작은 값을 골라서 해당되는 경기자 유형  $i$ 에서 제일 큰 값(즉 같은  $i$  유형 항공기를 순번매김하여 제일 큰 순번)을  $i_1$ 로 한다. 다음 같은 방법으로 차례로  $k=2, \dots, k'$ 까지 구하게 된다. 이때  $i_{k'} = n$ 이 된다.  $k'$ 이라고 하는 것은 이 수학적 귀납을 몇번 진행할 지 모르기 때문이다.

### 3.2.3 공항비용게임의 비용격차법

비용격차법에서 총 비용을 먼저 분리가능비용과 분리불가능비용으로 나누어야 한다. 그러나 공항게임일 경우 앞서 언급한 바와 같이 경기자는  $i$  유형의 항공기가 1회 이착륙하는 행위이다. 각 유형의 기종마다 1년 동안 운항회수가 1회를 훨씬 초과하므로 어떤 유형의 항공기가 1회 이착륙하는데 있어서의 한계비용은 0과 같다<sup>3</sup>. 수식으로 표현하면  $i$  유형의 한 경기자가  $N$ 에 속한다면  $N$ 에는 또 다른 경기자들이 있을 것이다. 그러므로  $c(N) = c(N \setminus i)$ 가 성립한다. 따라서  $m_i^C = 0$ ,  $g^C(S) = c(S)$  (모든  $S \subset N$ ),  $g^C(N) = c(N) = c_m$ ,  $w_i^C = c_j$  (모든  $i \in N_j$ )이다. 비용격차법에 의한 비용배분은 모든  $i \in N_j$ 에 대해

<sup>3</sup> 본 논문에서 사용된 실제 착륙료 수익은 2011년 1년 사이의 수익이므로 1년이라 하였다.

$$CG_i(c) = \left( \frac{c_j}{\sum_{k=1}^m n_k c_k} \right) c_m$$

로 정의된다.

결론적으로 공항게임의 특수성에 의해 비용격차법은 단순화하여 비례법(Proportional method)과 동일하게 된다.

### 3.2.4 공항비용게임의 평균법

평균법은 모든 경기자들이 똑같이 분담하는 경우다. 따라서 비용배분은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$ED_i = \frac{c(N)}{n}, \quad n = \sum_{i=1}^m n_i, \quad i = 1, \dots, m$$

다음 장에서는 중국북경수도국제공항과 한국인천국제공항의 실제자료에 기초한 협조적 게임 해들의 실증분석을 살펴 보기로 하자.

## 4. 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙요율 설정과 비교

공항, 부두, 댐, 도로 등과 같이 큰 비용이 들고 여러 사용자들이 공동으로 사용하는 경우에 있어서 중국 내에서는 일반적으로 정부의 정책제도 하에서 시설사용가격을 결정하게 된다. 이상원·이종철·전영섭(1997)은 협조적 게임이론을 적용하여 당시 한국 김포공항의 비용배분과 실제 착륙요율을 비교하였다. 본 논문에서는 그들의 방법을 이용하여 중국 북경수도국제공항의 요율체계를 살펴 보고자 한다. 동시에 한국 인천국제공항의 요율체계도 살펴 보아 협조적 게임하에서의 양국의 요율체계를 비교하고자 한다.

### 4.1 연구의 필요성

중국경제의 지속적인 발전에 힘입어 중국 내 항공산업은 이미 세계 제 2위의 운항운송시스템으로 급속히 발전하였다. 최근 5년 사이에 중국 항공산업의 운송 총 회전량, 여객수송량과 화물운송량은 각각 105%, 93%, 82%씩 증가하였다. 2011년에 이르러 중국 항공산업의 운영상황은 안정적이며 여객수송과 통용항공은 모두 빠른 성장을 유지하고 있으며 운항품질과 경제적 효과는 모두 많이 향상되었다.

항공산업의 국제화를 추진하기 위하여 중국정부는 공항시설료 징수제도를 여러차례에 걸쳐 개혁해왔다. 공항시설료 징수제도의 마지막 개혁은 2007년에 진행하였다. 이번 개혁에서는 주로 두 가지 내용의 개혁이 실시

되었는데 첫째는 기존에 공항의 등급차별 없이 통일적으로 징수하던 제도에서 공항규모에 따라 등급을 분류하여 차별화된 공항시설요금을 징수하는 것이고, 둘째는 국내외항공사의 요금차이를 많이 줄이는 변화이다. 그러나 중국공항시설 사용료 징수제도는 여전히 정부의 일방적인 가격결정을 중심으로 하고 있고 공항수익은 비공항 수익보다 더 많은 비중을 차지하고 있다. 이밖에 중국 여객들의 많은 불만을 일으키는 공항건설비용 등 문제는 아직까지도 근본적으로 해결하지 못하고 있다.

2011년 북경수도국제공항의 여객수송량은 세계 2위이고 운항회수는 세계 7위이다. 2011년 북경수도국제공항의 총 운항회수는 인천국제공항의 총 운항회수의 약 2.32배에 달하지만 총 착륙료 수익은 오히려 인천국제공항이 더 많다. 그리고 북경수도국제공항의 공항건설비용은 착륙료 수익의 약 2.67배이나 된다.<sup>4</sup>

2007년 중국 공항시설료 개혁이 실행 된지 5년이 지난 이 시점에서 중국은 전반적으로 개혁개방을 심화하고 경제발전방식을 전환하는 결정적 순간에 직면하여 국내외 형세에 대응하여 새로운 변화와 양상을 보여주고 있다. 중국 내 항공산업은 급속한 발전을 보이고 있을 뿐만아니라 대중화, 다양화 등 여러 가지 특징을 나타내고 있다. 중국민항총국은 새로운 변화에 걸맞는 개혁안을 추진하고 있으며 멀지 않아 새로운 개혁안을 발표할 예정이다.

본 장에서는 현재 실시하고 있는 북경수도국제공항 항공시설 징수제도와 한국 인천국제공항 항공시설 징수제도를 비교·분석하여 중국 실정에 맞는 합리적이고 과학적인 징수제도를 검토하여 중국공항시설 징수제도 개혁방안에 도움을 주고자 한다.

---

<sup>4</sup> <표 1>과 <표 2>를 참조하라.

## 4.2 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 수익 및 착륙요율 현황

### 4.2.1 북경수도국제공항과 인천국제공항의 수익구조

부록 <표 1>처럼 중국 북경수도국제공항의 수익은 크게 항공수익과 비항공수익으로 나뉜다. 항공수익은 착륙료, 공항건설비, 여객수익, 기타 등으로 구성된다. 북경수도국제공항의 수익을 분석해보면 항공수익이 가장 큰 수익원천으로 전체 수익의 59%를 차지한다. 그중 착륙료 수입은 항공수익의 21%, 전체 수익의 12%를 차지하고 공항건설비용은 항공수익의 26%를 차지한다.

부록 <표 2>에서의 한국 인천국제공항의 수익도 크게 항공수익과 비항공수익으로 나뉜다. 항공수익은 착륙료, 정류료, 조명료, 탑승사용료, 수하물처리시설, 계류장사용료, 여객수익으로 구성된다. 인천국제공항의 수익에서 항공수익이 전체 수익의 36%를 차지하고 비항공수익보다 적다. 착륙료 수입은 항공수익의 39%, 전체 수익의 14%를 차지한다.

### 4.2.2 북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 착륙요율체계

현재 북경수도국제공항과 인천국제공항의 착륙료는 모두 항공기의 최대이륙중량(MTOW)을 기준으로 부과하고 있으며 항공기가 착륙할 때마다 부과하는 것으로 되어 있다.

중국은 공항을 규모에 따라 4개의 등급으로 나누고 착륙요율을 각 등급에 따라 설정하고 국제선과 국내선 서로 다른 착륙요율을 적용한다.

북경수도국제공항은 1등급에 속하며 요금은 5개 구간으로 구분되고 있다. 구간별 서로 다른 기본요금을 적용하며 대체적으로 이륙중량이 증가할 수록 톤당요금이 증가한다. 국제선은 국내선보다 구간별 기본요금과 추가요금이 더 높다.

한국은 규모에 따라 공항을 6개 등급으로 나누고 국제선과 국내선 서로 다른 요율체계를 적용하지만 오직 인천국제공항만이 국제선과 국내선이 같은 착륙료율을 적용한다. 인천국제공항은 1등급에 속하며 요금을 3개 구간으로 나누었다. 100톤까지는 톤당 요금을 적용하고 최저요금이 있다. 100톤 이상은 100톤, 200톤 구간한계로 하여 기본요금 외에 톤당 부가요금을 부과하고 있다.

부록 <표 3>은 현재 실행하고 있는 북경수도국제공항과 인천국제공항의 착륙료율체계이다. 인천국제공항의 국내선 요금은 북경수도국제공항 국내선 요금의 약 2배이며 국제선 요금에서는 인천국제공항과 북경수도국제공항 사이에 큰 차이가 없다.

### 4.3 협조적 게임이론을 응용한 착륙료율설정

#### 4.3.1 모형

본 연구에서는 2011년도 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙료 데이터를 사용한다. 즉 공항의 입장에서는 수익에 반영된 착륙료를 사용하여 각 항공기 별 이착륙 비용을 계산한다. 이는 항공사 측에서는 비용으로 반영되기 때문이다.

공항의 입장에서는 항공기의 이착륙시설을 건설하는 데 소요되는 비용

을 항공사의 착륙료만으로 포괄할 수는 없지만 다른 시설사용료는 일반적으로 모든 기종에 대하여 고정적 비용을 징수하는데 비하여 착륙료는 일반적으로 기종에 따라 징수하므로 공항의 착륙료 수익 데이터로 협조적 게임의 해를 구하여 실제요율체계에 의한 착륙료와 비교한다.

2011년 북경수도국제공항의 착륙료수익은 1억 2474만 3506달러이며 이 공항을 이용한 항공기는 총 33종에 운항회수가 533,257회에 달한다. 인천국제공항의 경우 착륙료수익은 1억 8182만 6064달러이며 인천국제공항을 이용한 항공기의 수는 총 21종에 운항회수가 229,580회에 달한다.

이 데이터로 항공기별 협조적 게임의 해를 구하려면 각 유형의 항공기와 착륙료수익 사이의 상관관계를 알아야 하며 이 관계는 항공기 유형별의 공헌지수로 측정할 수 있다.

착륙료에 영향을 주는 공헌지수를 구하기 위해서는 각 기종의 항공기가 이착륙서비스를 받는 과정에서 필요로 되는 활주로 등 이착륙시설의 규모를 결정하는데 고려되어야 하는 요인을 생각해 볼 수 있는데 크게 각 항공기별 이착륙거리와 최대이륙중량이라고 할 수 있다. 일반적으로 착륙거리가 이륙거리보다 짧기에 여기서는 이륙거리만 고려하기로 한다. 2011년에 북경수도국제공항과 인천국제공항을 이용한 항공기의 기종과 각 기종별 이륙거리와 최대이륙중량은 부록의 <표 4>와 <표 5>를 참고하라.

공헌지수에서 다음으로 고려해야 할 문제점은 단일한 공헌지수를 구하는 것이다. 이를 위해서는 두 요인간에 가중치를 설정할 필요가 생기는데 그 가중치는 이착륙시설의 규모를 결정하는데 고려되어야 하는 우선순위와 관계가 있다. Littlechild and Thompson(1977)는 공항게임에서 이륙거리와 중량, 기동성을 5:2:1의 비율로 고려하여 공헌지수를 구하고 있었지만 본 연구에서는 이상원·이종철·전영섭(1997)의 연구를 본 받아 기동성 요인을 고려하지 않고 이륙거리와 중량만을 고려하기로 한다. 따라서 Littlechild and



Thompson(1977)의 연구에서의 이륙거리와 중량의 비율 5:2에 근거하여 본 연구에서는 그 가중치를 최대이륙중량과 이륙거리의 비율을 1:2와 1:3인 두 가지 경우로 살펴본다.

북경수도국제공항과 인천국제공항에서 가장 큰 유형의 항공기를 기준으로 한 각 항공기 유형별 공헌지수는 부록의 <표 6>과 <표 7>에 주어졌다.

협조적 게임의 해를 계산할 때 항공기 유형은 공헌지수가 작은 기종부터 큰 기종의 순으로 번호를 매겨 이를 하첨자로 표시하기로 하겠다. 예를 들어 북경수도국제공항의 하첨자 33은 최대기종인 A380 기종을 나타낸다. 항공기  $i$ 의 운항 1회당 착륙료  $c_i$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\sum_{i=1}^{33} n_i c_i = 124,734,506 \quad c_i = I_i c_{33}$$

여기서  $I_i$ 는 항공기  $i$ 의 공헌지수를 나타낸다. 즉 북경수도국제공항에서는 33종 기종의 항공기들이 총 533,257회 운항하는 데 배분되어야 하는 착륙료 총 수익은 124,734,506달러로 계산된다.

인천국제공항에서 언급된 21종 기종의 항공기들이 229,580회 운항하는 데 배분되어야 하는 착륙료 총 수익은 181,826,064달러로 계산된다. 수익으로는

$$\sum_{i=1}^{21} n_i c_i = 181,826,064 \quad c_i = I_i c_{21}$$

이다.

아래 각 해에 의한 착륙료배분을 살펴 보기로 하자.

## 4.3.2 북경수도국제공항과 인천국제공항 각 항공기 기종별

### 착륙료배분

#### ① 샤플리밸류에 근거한 착륙료배분

착륙료의 샤플리밸류는 공항비용게임의 단순화된 형태의 공식을 이용하여 쉽게 계산할 수 있다. 북경수도국제공항과 인천국제공항의 가중치가 각각 1:2와 1:3인 경우에 계산한 공헌지수를 사용하여 기종별 운항 1회당 착륙료를 계산하면 부록의 <표 8>과 <표 9>와 같다.

#### ② 중핵에 근거한 착륙료배분

북경수도국제공항과 인천국제공항 착륙료의 중핵도 공항비용게임의 단순화된 공식을 이용하여 계산할 수 있으며 결과는 부록의 <표 10>과 <표 11>에 주어져 있다.

#### ③ 비용격차법에 의한 착륙료배분

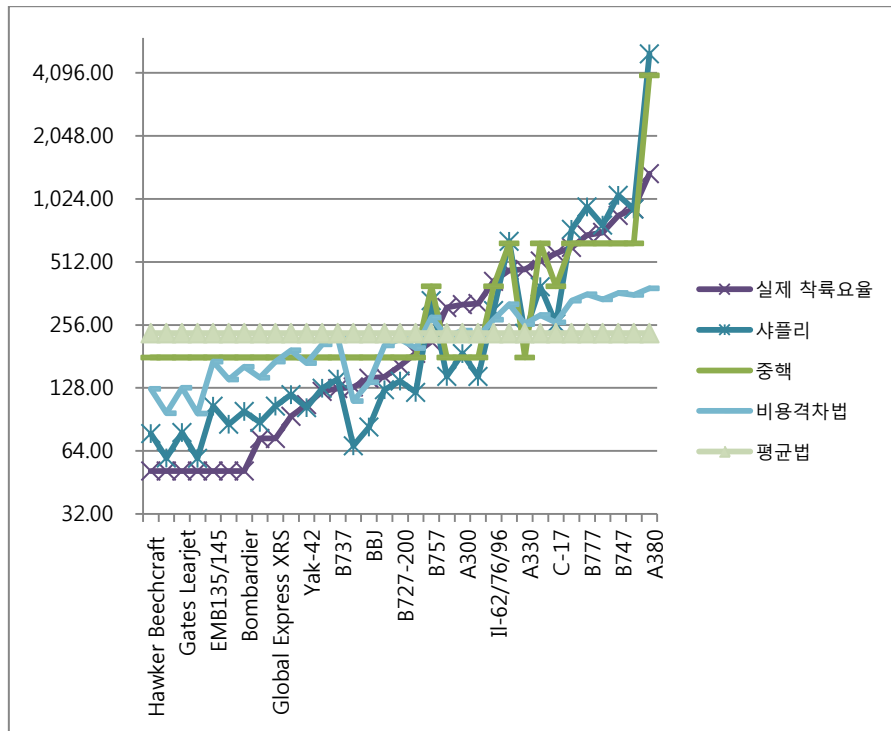
북경수도국제공항과 인천국제공항 착륙료의 비용격차법 결과는 각각 부록의 <표 12>와 <표 13>에 주어졌다.

#### ④ 평균법에 의한 착륙료배분

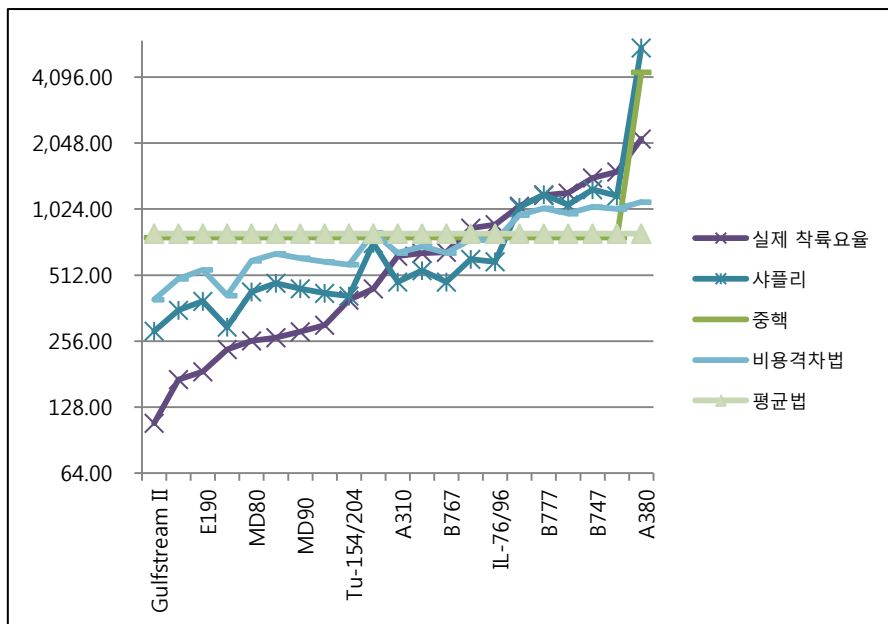
부록의 <표 14>와 <표 15>는 북경수도국제공항과 인천국제공항 착륙료의 평균법 결과를 보여준다.

<표 8>에서 <표 19>까지 주어진 중한 각 네 가지 착륙요율(실제요율을 포함)은 뒤의 <그림1>에서 <그림4>까지 요약되어 있다.

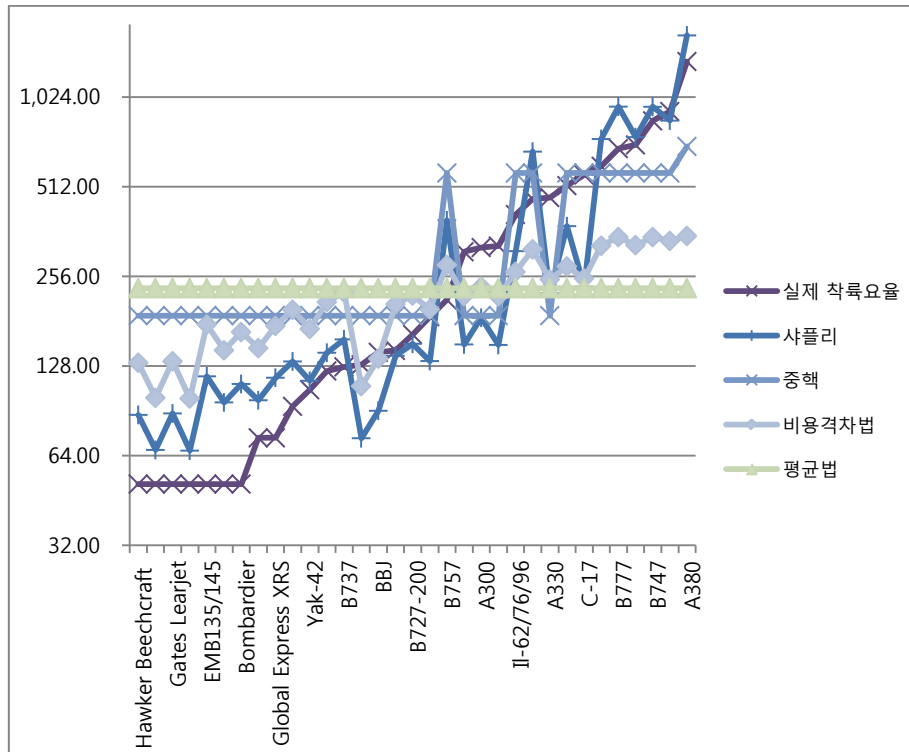
<그림1> 북경수도국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한착륙료(가중치1:2)



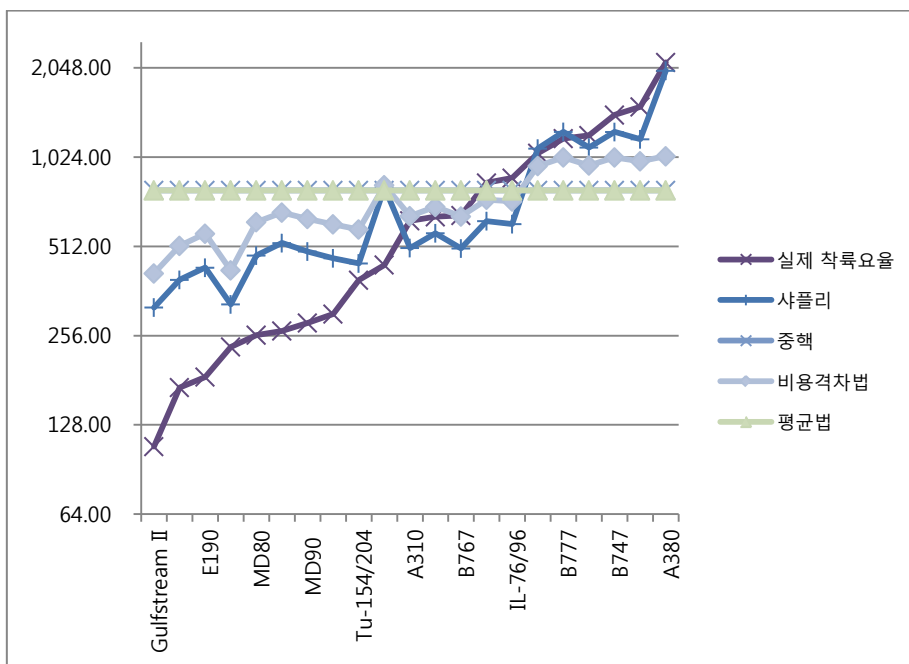
<그림2> 인천국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료 (가중치1:2)



<그림3> 북경수도국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료(가중치1:3)



<그림4> 인천국제공항 실제 착륙료와 게임이론에 근거한 착륙료(가중치1:3)



이 네 그림에서는 몇 가지 비슷한 패턴을 보여주고 있다. 첫째, 착륙요율에서 대형기종과 소형기종의 실질 착륙요율과 게임해의 차이에서 서로 다른 형태를 나타낸다. 예를 들면 소형기종과 대형기종의 요금차에 있어서 샤플리밸류가 제일 크고 다음 비용격차법이고 중핵이 제일 작다. 이는 중핵이 가장 빈곤한 연합의 잉여를 가장 크게 한다는 평등주의의 주장과 일치하다. 그러나 다른 방면으로는 북경수도국제공항의 경우 중핵에 근거한 요금체계에서의 제일 큰 기종과 제일 작은 기종 사이의 요금차는 비용격차법에 근거한 차이보다 더 크다는 것을 뜻한다. 둘째, 비용격차법과 평균법을 제외한 샤플리밸류와 중핵을 이용한 착륙료에서는 가장 큰 기종인 A380과 두번째로 큰 기종인 B747의 요금차이가 매우 크다. 이러한 결과는 두 기종의 자료를 비교했을 경우 운항회수에서 가장 큰 차이가 있다는 것으로 설명된다. 사실상 앞에서 경기자를 정의할 때 우리는 항공기 1회 운항을 한 경기자로 보았기에 B747의 운항회수가 A380보다 훨씬 많다는 점에서 운항회수 당 분담비용이 많이 적게 나왔을 것이라는 결론이다.

#### 4.4 중국과 한국 현행 요율체계와의 비교

<표 16>부터 <표 19>까지는 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 현행 요금체계에 의한 항공기들의 실제 착륙료를 계산한 것이다. 여기서 산출한 요금수준은 2011년 실제로 운항된 항공기들의 최대이륙중량 평균치를 기준으로 계산한 것이다.

북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 요금체계에 의하여 계산한 착륙료와 공항비용게임에 근거한 네 가지 착륙료 사이에는 많은 괴리가 있다. 이러한 차이의 원인은 공항비용게임에서 사용한 착륙료 총수익은 회계

연보에서 반영된 착륙료수익만 고려했기 때문이다. 그러나 공항에서는 항공기에서 받은 수수료를 착륙료수익만 아닌 다른 수익구조에도 반영하기 때문에 이러한 차이점이 존재하게 된다. 따라서 공항비용게임의 해와 실제 요금체계에 의한 착륙료 사이를 비교하기 위해서는 현행 요금체계에 의한 착륙료를 수정할 필요가 있다. 또한 앞에서 공항비용게임에 의한 해는 단일요금체이므로 실제 효율에 의한 착륙료와의 비교를 위해서는 국내선과 국제선의 구분을 없앨 필요가 있다<sup>5</sup>. 북경수도국제공항의 계산을 예로 들면, 2011년 북경수도국제공항의 착륙료 총수익은 124,743,506달러이고 그 중 국내선 수익은 67,337,139달러이고 국제선 수익은 57,406,367달러이다. 이에 기준하여 북경수도국제공항의 착륙요율과 실제 운항기종의 평균 최대이륙중량에 기초하여 각 기종별 착륙료를 구한 다음 운항회수와 국내선·국제선 실제 착륙료수익의 비례에 따라서 착륙요율에 의한 착륙료에 대해 수정 계산을 진행한다.

이러한 요인을 감안하여 북경수도국제공항과 인천국제공항의 수정된 현행 효율표에 의한 착륙료와 공항 비용게임 해에 의한 기종별 착륙료를 비교하여 기종간의 상호관계에 대하여 분석할 수 있다. <그림 1>에서 <그림 4>까지 볼 수 있듯이 어떠한 공항비용게임에 의한 착륙료에 대해서도 소형기종은 모두 대형기종에 비하여 더 큰 이득을 보고 있다. 인천국제공항의 소형기종이 북경수도국제공항의 소형기종보다 더 큰 이득을 보고 있는 것으로 나타난 것은 북경수도국제공항의 소형기종의 운항회수가 상대적으로 인천국제공항보다 많아서 비용배분에서의 상대비중이 커졌기 때문이다. 다른 한 가지 원인으로서는 항공기의 공헌지수를 계산할 때 최대이륙중량과 이륙거리를 함께 고려하였고 또한 이륙거리에 비중을 더 많이 두었다. 그

<sup>5</sup> 한국 인천국제공항은 국내선과 국제선 효율체계가 동일하므로 중국 북경수도국제공항만 소개하기로 한다.

러나 소형기종과 대형기종의 이륙거리에는 차이가 최대이륙중량만큼 차이가 있지 않기에 최대이륙중량만 고려하는 실제 요율체계와 비교하면 공헌지수에 의한 게임해는 최소최대차이가 상대적으로 작다는 결과가 나타날 수 밖에 없었을 것이다. 또 한가지 원인은 현행 요율체계에 있어서 인천국제공항의 요율이 북경수도국제공항(국제선)보다 상대적으로 낮고 소형기종들의 요율구간이 북경수도국제공항보다 적기 때문이다.

더욱 자세한 분석을 보면 북경수도국제공항의 경우, 실제 요율체계는 샤플리밸류와 가장 비슷하고 다음 비용격차법이다. 중핵일 경우 중형기종과 대형기종은 실제요율과 가까우나 소형기종들은 실제 요율과의 차이가 많다. 인천국제공항도 비슷한 양상을 보이고 있다. 단, 인천국제공항의 중핵의 결과는 거의 평균과 같은데 계산과정에서 공헌지수가 큰 경기자들의 수량이 많을수록 이러한 결과를 가져온다. 이는 인천국제공항의 큰 기종들이 상대적으로 북경수도국제공항에 비하여 운항회수가 많고 집중되었다는 것을 의미한다.

전반적으로 게임의 해와 비교했을 때 대·중형기종들은 현행 요금체계에서 높은 요금을 부과하고 소형기종들은 상대적으로 낮은 요금을 부과한다. 이는 대·중형기종들이 어떤 의미에서는 소형기종들을 보조한다는 것을 의미한다. 현실에서 일반여객 운송을 분담하고 있는 대·중형기종들은 그 운항회수가 많은 반면 비즈니스 전용기인 소형항공기들은 그 운항회수가 상대적으로 적다. 따라서 실제분담하는 요금이 적을 수밖에 없다.

## 4.5 상대적 가중편차를 이용한 각종 착륙료 간의 차이 측정

이 절에서는 협조적 게임에 근거한 착륙료와 현행 착륙료 사이에 존재하는 차이의 정도를 보고자 한다. 본 논문에서는 이상원·이종철·전영섭(1997)이 사용한 상대적 가중편차(relative weighted standard deviation: RWSD)를 사용하여 그 차이점을 본다.

$$RWSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m n_i \left[ \frac{a_i - c_i}{c_i} \right]^2}{\sum_{i=1}^m n_i}}$$

$c_i$ 는 기준요율로 여기서는 실제요율이고  $a_i$ 는 비교하고자 하는 요율로 협조적 게임의 해들이다.  $[(a_i - c_i)/c_i]^2$ 는  $i$  유형의 상대적 분포를 측정하고,  $n_i$ 는 이 분포도의 가중치이다.

<표 20>은 각종 해들의 상대적 가중편차의 결과를 보여준다. 북경의 경우 가중치가 1:2일 때 현행요율은 샵리밸류에 가장 가깝다. 다음으로는 중핵에 가깝고 그 다음으로는 비용격차법에 가깝다. 평균법은 가장 먼 것으로 나타났다. 가중치가 1:3의 경우도 똑같은 결론을 얻을 수 있다.

인천국제공항도 가중치가 1:2일 때 현행 요율은 샵리밸류에 가장 가깝다. 다음으로는 비용격차법에 가깝고 그 다음으로는 중핵에 가깝다. 평균법에서 가장 먼 것으로 나타났다. 가중치가 1:3의 경우에도 똑같은 결론을 얻을 수 있다.



## 5. 결 론

본 논문에서는 공항비용게임에 협조적 게임의 해인 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법, 평균법을 적용하여 2011년 중국 북경수도국제공항과 한국 인천국제공항의 착륙료 수익과 요율체계를 사용하여 비교분석을 하였다.

실증분석 결과, 북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 요율제도에서는 소형기종들이 대·중형 기종보다 상대적으로 적게 착륙료를 부담하고 있으므로 협조적 게임이론의 입장에서는 공정하지 못하다.

북경수도국제공항과 인천국제공항의 착륙료 배분의 비교분석에서 알 수 있는바 현행 요율체계를 더욱 보완할 필요가 있다. 특히 소형기종들이 상대적으로 “이익”을 보고 있는 상황은 요율체계가 공항의 실제 운항상황에 부합되어야 할 필요가 있다는 지적이다. 요율체계가 항공기 기종별 운항회수를 충분히 고려하여 소형기종들이 더욱 적게 내거나 혹은 큰 기종이지만 제일 큰 기종에 비하여 많이 적게 내는 그러한 차별성을 없애야 한다.

또 한가지는 요율체계에 이륙거리를 반영하여야 한다는 것이다. 공헌지수에 이륙거리의 가중치를 변동하였을 때 협조적 게임의 해들은 변화를 가져왔다. 그만큼 이륙거리에 민감하다는 것이다.

북경수도국제공항과 인천국제공항의 현행 착륙료체계를 비교해 보면 북경수도국제공항은 인천국제공항보다 소형기종의 착륙료 요금에 대해 더욱 많이 세분화하고 있다. 중국 내 수요에서 소형기종들의 종류와 운항회수가 인천국제공항보다 많기에 이러한 요율체계를 사용하고 있겠으나 이러한 요율체계는 인천국제공항보다 협조적 게임의 해들과 더욱 가깝다는 분석이다.

본 논문은 협조적 게임의 해들을 적용하여 북경수도국제공항과 인천국

제공항의 현행 효율체계의 공정성을 살펴 보았다. 각 비용배분방법들과 실제 착륙효율사이의 관계를 비교분석하는 것도 중요하겠지만, 어떠한 요인들이 착륙효율의 결정에 더욱 민감할 것인가 하는 것도 반드시 고려해야할 부분이다. 따라서 앞으로의 효율체계의 개정에 있어서는 기존 운항실적에 기초한 더욱 공정한 효율체계가 이루어졌으면하는 바램이다.

## 참고문헌

### References

- Littlechild, S.C.(1974): “A Simple Expression for the Nucleolus in a Special Case,” *International Journal of Game Theory*, 3, pp. 21-29.
- Littlechild, S.C., and G. Owen(1973): “A Simple Expression for the Shapley Value in a Special Case,” *Management Science*, 20, pp. 370-372.
- Littlechild, S.C., and G. Owen(1976): “A Further Note on the Nucleolus of the ‘Airport Game’,” *International Journal of Game Theory*, 5, pp. 91-95.
- Littlechild, S.C., and G.F. Thompson(1977): “Aircraft Landing Fees: A Game Theory Approach,” *Bell Journal of Economics*, 8, pp 186-204.
- Schmeidler, D.(1969): “The Nucleolus of a Characteristic Function Game,” *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 127, pp. 1163-1170.
- Shapley, L.S.(1953): “A Value for N-Person Game,” in H. W. Kuhn, and A. W. Tucker(eds.), *Contribution to the Theory of Game II, Annals of Mathematical Studies*, 28, pp. 307-314, New Jersey, Princeton University Press.
- Shapley, L.S.(1971): “Cores of Convex Games,” *International Journal of Game Theory*, 1, pp. 11-20.
- Tijs, S.H., and T.S.H. Drissen (1986): “Game Theory and Cost Allocation Problems,” *Management Science*, 32. 8.

## 한국어 참고문헌

김호중·전영섭(2001): “게임이론적 접근법에 비용배분문제”, 『경제논집』 40.1, 서울대학교 경제연구소, 1-15.

김호중·전영섭(2001): “중핵을 이용한 비용배분의 공평성”, 『경제논집』 40.2.3, 서울대학교 경제연구소, 175-195.

이상원·이종철·전영섭(1997): “게임이론적 접근법에 의한 공항이착륙시설의 비용배분,” 『경제논집』 30.1, 서울대학교 경제연구소, 79-105.

전영섭(1991): “샤플리밸류를 이용한 비용배분의 공평성”, 『경제논집』 30.2, 서울대학교 경제연구소, 231-244.

한국 인천국제공항공사 감사보고서 2011

한국 인천국제공항공사 공항시설사용료징수규정 제 59 호

## 中文参考文献

中国北京首都国际机场股份有限公司年度报告 2011

《关于印发民用机场收费改革方案的通知》（民航发〔2007〕158号），

부록:

<표 1> 북경수도국제공항의 수익구조 (2011)

(단위:달러)

구 분		금 액
항공수익	착륙료	124,743,506
	공항건설비	160,012,776
	기타	79,412,904
	여객수익	243,711,671
	소 계	607,880,857
비항공수익		430,226,939
<b>총 계</b>		<b>1,038,107,796</b>

출처: 중국 북경수도국제공항주식유한공사  
 주: 환율: \$1=¥6.2616(2011년말 매매 기준율).

<표 2> 인천국제공항의 수익구조 (2011)

(단위:달러)

구 분		금 액
항공수익	착륙료	181,826,064
	정류료	13,873,233
	조명료	13,786,526
	탑승교사용료	9,797,971
	수하물처리시설	28,700,251
	계류장사용료	2,514,524
	여객 수익	214,601,578
	소 계	465,100,147
비항공수익		832,567,415
<b>총 계</b>		<b>1,297,667,562</b>

출처: 한국 인천국제항공공사  
 주: 환율: \$1=₩1153.30(2011년말 매매 기준율).

**<표 3> 북경수도국제공항 및 인천국제공항의 현행 착륙료율체계**

국내선:

구분	25톤 이하	26-50톤	51-100톤	101-200톤	201톤 이상
북경	\$38.33	\$103.80	\$175.67+\$3.51×(T-50)	\$351.35+\$3.99×(T-100)	\$798.52+\$5.11×(T-200)
인천	\$7.80×T (최저요금 \$130.06)			\$780.37+\$7.63×(T-100)	\$1543.40+\$7.46×(T-200)

국제선:

구분	25톤 이하	26-50톤	51-100톤	101-200톤	201톤 이상
북경	\$319.41	\$351.35	\$351.35+\$6.39×(T-50)	\$670.76+\$7.03×(T-100)	\$1373.45+\$8.94×(T-200)
인천	\$7.80×T (최저요금 \$130.06)			\$780.37+\$7.63×(T-100)	\$1543.40+\$7.46×(T-200)

출처: Civil Aviation Administration of China [2007] 159

한국 인천국제항공공사 공항시설사용료징수규정 [개정 2009.8.3, 2010.2.19]

주: T는 항공기최대이륙중량을 나타낸다.

환율: \$1=¥6.2616= ₩1153.30(2011년 말 매매 기준율)

<표 4> 북경수도국제공항 기종별 운항회수, 최대이륙중량, 이륙거리(2011)

주요기종	운항회수	최대이륙중량(Kg)	이륙거리(m)
Hawker Beechcraft	958	10,864	1,449
Cessna	407	11,454	1,099
Learjet-60/70/75/85	117	11,655	1,464
Dornier 328	2	13,990	1,088
EMB-135/145	94	21,275	1,935
Dassaultfalcon	674	22,362	1,576
Challenger-605/850	1,241	22,929	1,820
Gulfstream	3,777	29,036	1,590
Global Express XRS	797	44,500	1,870
ERJ-190	3,358	48,290	2,118
Yak-42	2	57,500	1,800
MD80	6	66,850	1,500
B737	238,824	69,067	2,400
C-130	6	70,300	1,093
BBJ	46	77,560	1,369
A320	141,693	78,750	2,161
B727	277	89,400	2,301
Tu-154/204	538	102,500	2,025
B757	15,762	115,680	2,911
A310	442	164,000	2,150
A300	1,907	169,067	2,324
B767	12,924	170,914	2,130
Il-62/76/96	218	207,188	2,573
B787	4	228,000	3,100
A330	62,864	230,000	2,360
DC-10/KC-10	4	247,874	2,625
C-17	22	265,350	2,316
MD11	936	280,460	3,100
B777	24,322	315,096	3,286
A340	7,705	322,875	3,035
B747	11,767	379,748	3,162
An-124	12	405,000	3,000
A380	1,551	575,000	2,825
<b>계</b>	<b>533,257</b>	—	—

출처: 중국북경북경수도국제공항주식유한공사 & 항공기별 제품설명서

주: 최대이륙중량과 이륙거리는 각 기종의 여러 모델 평균치임.

<표 5> 인천국제공항 기종별 운항회수, 최대이륙중량, 이륙거리(2011)

주요기종	운항회수	최대이륙중량(Kg)	이륙거리(m)
Gulfstream II	3	28,123	1,524
Global Express XRS	2	44,500	1,870
ERJ-190	634	48,290	2,056
An-12	226	61,000	1,500
MD80	248	66,850	2,223
B737	36,527	69,067	2,400
MD90	451	73,482	2,270
A320	46,274	78,750	2,161
Tu-154/204	162	102,500	2,025
B757	1,042	115,680	2,911
A310	282	164,000	2,150
A300	1,092	169,067	2,324
B767	17,769	170,914	2,130
Il-76/96	20	221,250	2,338
A330	43,010	230,000	2,360
MD11	2,220	280,460	3,100
B777	38,616	315,096	3,286
A340	2,586	322,875	3,035
B747	36,319	379,748	3,162
An-124	10	405,000	3,000
A380	2,087	575,000	2,825
<b>계</b>	<b>229,580</b>	—	—

출처: 한국인천국제공항공사 & 항공기별 제품설명서

주: 최대이륙중량과 이륙거리는 각 기종의 여러 모델 평균치임.



<표 6> 북경수도국제공항 기종별 공헌지수

주요기종	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Dornier 328	0.2288	0.2544
Cessna	0.2296	0.2558
C-130	0.2625	0.2800
Hawker Beechcraft	0.3003	0.3354
Learjet – 60/70/75/85	0.3038	0.3392
BBJ	0.3227	0.3462
Dassaultfalcon	0.3327	0.3694
Gulfstream	0.3394	0.3755
Challenger-605/850	0.3825	0.4254
Yak-42	0.3985	0.4358
EMB-135/145	0.4049	0.4509
Global Express XRS	0.4052	0.4462
ERJ-190	0.4589	0.5053
Tu-154/204	0.4703	0.5068
A320	0.4841	0.5275
MD80	0.4898	0.5364
B727	0.5187	0.5641
B737	0.5270	0.5778
B767	0.5312	0.5605
A310	0.5313	0.5620
A300	0.5695	0.6039
A330	0.6121	0.6386
C-17	0.6237	0.6440
Il-62/76/96	0.6421	0.6773
B757	0.6576	0.7147
DC-10/KC-10	0.6763	0.7069
B787	0.7611	0.8067
MD11	0.7915	0.8295
A340	0.8029	0.8331
An-124	0.8434	0.8608
B777	0.8493	0.8870
B747	0.8617	0.8868
A380	0.9065	0.8948

<표 7> 인천국제공항 기종별 공헌지수

주요기종	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Gulfstream II	0.3255	0.3601
An-12	0.3397	0.3689
Global Express XRS	0.4052	0.4462
ERJ-190	0.4451	0.4903
Tu-154/204	0.4703	0.5068
A320	0.4841	0.5275
MD80	0.4898	0.5364
MD90	0.5031	0.5501
B737	0.5270	0.5778
B767	0.5312	0.5605
A310	0.5313	0.5620
A300	0.5695	0.6039
Il-76/96	0.6026	0.6298
A330	0.6121	0.6386
B757	0.6576	0.7147
MD11	0.7915	0.8295
A340	0.8029	0.8331
An-124	0.8434	0.8608
B777	0.8493	0.8870
B747	0.8617	0.8868
A380	0.9065	0.8948

<표 8> 북경수도국제공항 착륙료의 샤플리밸류

(단위:달러/회)

주요 기종	Shapley Value	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Dornier 328	59.06	66.51
Cessna	59.25	66.88
C-130	67.75	73.22
Hawker Beechcraft	77.50	87.71
Learjet-60/70/75/85	78.41	88.70
BBJ	83.31	90.53
Dassaultfalcon	85.90	96.62
Gulfstream	87.64	98.22
Challenger-605/850	98.89	111.40
Yak-42	103.07	114.18
EMB-135/145	104.74	118.17
Global Express XRS	104.81	116.91
ERJ-190	118.88	132.61
Tu-154/204	121.89	133.00
A320	125.54	138.54
MD80	127.60	141.84
B727	138.07	152.03
B737	141.08	157.27
B767	145.26	150.66
A310	145.31	151.25
A300	186.73	185.94
A330	233.59	224.60
C-17	259.14	236.52
Il-62/76/96	299.85	311.21
B757	334.27	395.14
DC-10/KC-10	389.58	377.61
B787	641.79	672.09
MD11	732.19	740.78
A340	766.78	751.86
An-124	914.83	854.49
B777	936.43	951.81
B747	1,063.75	950.77
A380	5,040.34	1,651.36

<표 9> 인천국제공항 착륙료의 샤플리밸류

(단위:달러/회)

주요 기종	Shapley Value	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Gulfstream II	284.39	318.70
An-12	296.79	326.51
Global Express XRS	354.07	394.98
ERJ-190	389.00	434.05
Tu-154/204	411.04	448.70
A320	423.17	467.12
MD80	429.42	477.13
MD90	444.17	492.32
B737	470.48	525.52
B767	476.37	503.97
A310	476.45	505.90
A300	536.84	567.33
Il-76/96	589.56	609.11
A330	604.76	623.35
B757	714.91	809.83
MD11	1,043.03	1,094.83
A340	1,071.75	1,104.04
An-124	1,177.23	1,177.16
B777	1,192.61	1,246.70
B747	1,256.97	1,245.74
A380	5,564.60	2,004.48

<표 10> 북경수도국제공항 착륙료의 증액

(단위:달러/회)

주요 기종	Nucleolus	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Dornier 328	178.87	189.05
Cessna	178.87	189.05
C-130	178.87	189.05
Hawker Beechcraft	178.87	189.05
Learjet-60/70/75/85	178.87	189.05
BBJ	178.87	189.05
Dassaultfalcon	178.87	189.05
Gulfstream	178.87	189.05
Challenger-605/850	178.87	189.05
Yak-42	178.87	189.05
EMB-135/145	178.87	189.05
Global Express XRS	178.87	189.05
ERJ-190	178.87	189.05
Tu-154/204	178.87	189.05
A320	178.87	189.05
MD80	178.87	189.05
B727	178.87	189.05
B737	178.87	189.05
B767	178.87	189.05
A310	178.87	189.05
A300	178.87	189.05
A330	178.87	189.05
C-17	391.41	569.90
Il-62/76/96	391.41	569.90
B757	391.41	569.90
DC-10/KC-10	627.35	569.90
B787	627.35	569.90
MD11	627.35	569.90
A340	627.35	569.90
An-124	627.35	569.90
B777	627.35	569.90
B747	627.35	569.90
A380	3,977.00	699.91

<표 11> 인천국제공항 착륙료의 중핵

(단위:달러/회)

주요 기종	Nucleolus	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Gulfstream II	759.74	791.99
An-12	759.74	791.99
Global Express XRS	759.74	791.99
ERJ-190	759.74	791.99
Tu-154/204	759.74	791.99
A320	759.74	791.99
MD80	759.74	791.99
MD90	759.74	791.99
B737	759.74	791.99
B767	759.74	791.99
A310	759.74	791.99
A300	759.74	791.99
Il-76/96	759.74	791.99
A330	759.74	791.99
B757	759.74	791.99
MD11	759.74	791.99
A340	759.74	791.99
An-124	759.74	791.99
B777	759.74	791.99
B747	759.74	791.99
A380	4,308.00	791.99

<표 12> 북경수도국제공항 착륙료의 비용격차법

(단위:달러/회)

주요 기종	Cost gap method	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Dornier 328	96.61	99.56
Cessna	96.93	100.11
C-130	110.82	109.59
Hawker Beechcraft	126.76	131.27
Learjet-60/70/75/85	128.24	132.74
BBJ	136.23	135.47
Dassaultfalcon	140.45	144.57
Gulfstream	143.29	146.96
Challenger-605/850	161.49	166.46
Yak-42	168.24	170.56
EMB-135/145	170.94	176.45
Global Express XRS	171.05	174.60
ERJ-190	193.71	197.73
Tu-154/204	198.52	198.31
A320	204.36	206.42
MD80	206.76	209.93
B727	218.96	220.73
B737	222.46	226.12
B767	224.26	219.33
A310	224.28	219.94
A300	240.42	236.34
A330	258.42	249.92
C-17	263.30	252.01
Il-62/76/96	271.08	265.07
B757	277.63	279.69
DC-10/KC-10	285.49	276.63
B787	321.31	315.68
MD11	334.15	324.61
A340	338.96	326.02
An-124	356.06	336.86
B777	358.55	347.11
B747	363.76	347.04
A380	382.68	350.16

<표 13> 인천국제공항 착륙료의 비용격차법

(단위:달러/회)

주요 기종	Cost gap method	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Gulfstream II	395.89	415.13
An-12	413.15	425.30
Global Express XRS	492.81	514.39
ERJ-190	541.38	565.24
Tu-154/204	571.95	584.25
A320	588.77	608.13
MD80	595.68	618.48
MD90	611.95	634.18
B737	640.91	666.17
B767	646.10	646.18
A310	646.16	647.97
A300	692.67	696.30
Il-76/96	732.92	726.14
A330	744.51	736.32
B757	799.87	824.01
MD11	962.69	956.34
A340	976.56	960.50
An-124	1,025.83	992.46
B777	1,033.01	1,022.65
B747	1,048.00	1,022.43
A380	1,102.51	1,031.62



<표 14> 북경수도국제공항 착륙료의 평균법

(단위:달러/회)

주요 기종	ED	주요 기종	ED
Dornier 328	233.93	A310	233.93
Cessna	233.93	B727	233.93
C-130	233.93	B737	233.93
Hawker Beechcraft	233.93	A300	233.93
Learjet-60/70/75/85	233.93	A330	233.93
BBJ	233.93	C-17	233.93
Dassaultfalcon	233.93	Il-62/76/96	233.93
Gulfstream	233.93	DC-10/KC-10	233.93
Challenger-605/850	233.93	B757	233.93
Yak-42	233.93	B787	233.93
Global Express XRS	233.93	MD11	233.93
EMB-135/145	233.93	A340	233.93
ERJ-190	233.93	An-124	233.93
Tu-154/204	233.93	B747	233.93
A320	233.93	B777	233.93
MD80	233.93	A380	233.93
B767	233.93	—	—

<표 15> 인천국제공항 착륙료의 평균법

(단위:달러/회)

주요 기종	ED	주요 기종	ED
Gulfstream II	791.99	A300	791.99
An-12	791.99	Il-76/96	791.99
Global Express XRS	791.99	A330	791.99
ERJ-190	791.99	B757	791.99
Tu-154/204	791.99	MD11	791.99
A320	791.99	A340	791.99
MD80	791.99	An-124	791.99
MD90	791.99	B747	791.99
B767	791.99	B777	791.99
A310	791.99	A380	791.99
B737	791.99	—	—

<표 16> 북경수도국제공항 현행 요율체계에 의한 착륙료 (2011)

(단위:달러/회)

주요기종	실제 착륙료	
	국내선	국제선
Dornier 328	38.33	319.41
Cessna	38.33	319.41
C-130	247.00	481.03
Hawker Beechcraft	38.33	319.41
Learjet-60/70/75/85	38.33	319.41
BBJ	272.51	527.41
Dassaultfalcon	38.33	319.41
Gulfstream	103.81	351.35
Challenger-605/850	38.33	319.41
Yak-42	202.03	399.26
EMB-135/145	38.33	319.41
Global Express XRS	103.81	351.35
ERJ-190	176.70	353.22
Tu-154/204	361.33	688.32
A320	276.69	535.01
MD80	234.88	458.99
B727	314.11	603.04
B737	242.67	473.15
B767	634.48	1,169.06
A310	606.87	1,120.48
A300	627.10	1,156.09
A330	951.83	1,641.75
C-17	1132.49	1,957.90
Il-62/76/96	835.25	1,437.74
B757	413.95	780.94
DC-10/KC-10	1043.18	1,801.61
B787	941.61	1,623.87
MD11	1209.71	2,093.04
A340	1426.47	2,472.37
An-124	1846.17	3,206.85
B777	1386.72	2,402.80
B747	1717.12	2,981.01
A380	2714.96	4,727.23

<표 17> 북경수도국제공항 실제 착륙료 수익에 의한 조정후 착륙료

(단위:달러/회)

주요 기종	실제 착륙료		
	조정후 국내선	조정후 국제선	조정후 기준
Dornier 328	10.53	40.85	51.38
Cessna	10.53	40.85	51.38
C-130	67.83	61.52	129.35
Hawker Beechcraft	10.53	40.85	51.38
Learjet-60/70/75/85	10.53	40.85	51.38
BBJ	74.84	67.45	142.29
Dassaultfalcon	10.53	40.85	51.38
Gulfstream	28.51	44.93	73.44
Challenger-605/850	10.53	40.85	51.38
Yak-42	55.48	51.06	106.54
EMB-135/145	10.53	40.85	51.38
Global Express XRS	28.51	44.93	73.44
ERJ-190	48.53	45.17	93.70
Tu-154/204	99.23	88.03	187.26
A320	75.99	68.42	144.41
MD-80	64.51	58.70	123.20
B727	86.26	77.12	163.39
B737	66.65	60.51	127.16
B767	174.25	149.51	323.76
A310	166.67	143.30	309.97
A300	172.23	147.85	320.08
A330	261.41	209.96	471.37
C-17	311.02	250.39	561.42
Il-62/76/96	229.39	183.87	413.26
B757	113.69	99.87	213.56
DC-10/KC-10	286.49	230.41	516.90
B787	258.60	207.68	466.27
MD-11	332.23	267.68	599.91
A340	391.76	316.19	707.95
An-124	507.02	410.12	917.15
B777	380.84	307.29	688.13
B747	471.58	381.24	852.82
A380	745.62	604.56	1,350.18

<표 18> 인천국제공항 현행 요율체계에 의한 착륙료 (2011)

(단위:달러/회)

주요 기종	착륙료	주요 기종	착륙료
	국내선/국제선		국내선/국제선
Gulfstream II	219.46	A300	1,307.37
Global Express XRS	347.26	B767	1,321.46
ERJ-190	376.84	IL-76/96	1,701.86
An-12	476.03	A330	1,767.10
MD80	521.68	MD11	2,143.38
B737	538.98	B777	2,401.65
MD90	573.43	A340	2,459.66
A320	614.54	B747	2,883.75
Tu-154/204	799.45	An-124	3,072.05
B757	900.01	A380	4,339.72
A310	1,268.71	—	—

<표 19> 인천국제공항 실제 착륙료 수익에 의한 조정후 착륙료

(단위:달러/회)

주요 기종	착륙료	주요 기종	착륙료
	조정후 기준		조정후 기준
Gulfstream II	108.17	A300	644.36
Global Express XRS	171.16	B767	651.31
ERJ-190	185.73	II-76/96	838.79
An-12	234.62	A330	870.95
MD80	257.12	MD11	1,056.40
B737	265.64	B777	1,183.69
MD90	282.63	A340	1,212.28
A320	302.89	B747	1,421.31
Tu-154/204	394.02	An-124	1,514.11
B757	443.59	A380	2,138.90
A310	625.30	—	—

<표 20> 북경수도국제공항과 인천국제공항 착륙료 협조적 게임 해들의 RWS 값

구 분	북경수도국제공항		인천국제공항	
	1:2 인 경우	1:3 인 경우	1:2 인 경우	1:3 인 경우
Shapley Value	0.302	0.320	0.423	0.491
Nucleolus	0.487	0.584	1.061	1.122
Cost gap method	0.622	0.646	0.731	0.780
ED	0.793		1.122	

## **Abstract**

### **A Study on the Airport Cost Allocation in China**

Mingchen Yang

Department of Economics

Seoul National University

In this paper, we applied Shapley value, Nucleolus, cost gap method and equal division rule to the airport game, and investigated fairness of the rate of landing charges used at Beijing and Incheon international airport in 2011. Under the current landing charges rate, the small type of aircraft is paying less landing charges relative to the medium and large type of aircraft. Shapley value is the most similar allocation among the four allocations to the real rate that used in Beijing and Incheon international airport.

**Keywords :** Airport game, Cooperative game, Shepley value, Nucleolus,

Cost gap method, Landing charges.

**Student Nr.:** 2008-23486