

# 게임理論的 接近法에 의한 空港離着陸施設의 費用配分

李相源 · 李鍾哲 · 錢英燮

協調的 게임理論을 통하여 여러 해의 개념이 소개된 이후 費用配分問題에 협조적 게임이론을 응용하는 사례가 늘고 있다. 그러나 우리나라의 경우 공공요금의 가격설정이나 비용배분의 문제에 게임이론을 응용한 예를 찾아보기가 쉽지 않다. 본 논문에서는 비용배분문제에 협조적 게임이론을 응용하여 접근함으로써 김포공항 착륙시설의 費用補塡을 위한 着陸料率 설정문제를 분석하고 있다.

분석결과 김포공항의 경우 낮은 국내선 요율과 국유재산비용의 누락으로 費用-收益간에 심한 불균형을 보일 뿐만 아니라 항공기 기종간에 相互補助가 발생하고 있는 것으로 나타난다. 현행 요금체계를 샵리벨류, 中核 그리고 費用隔差法 등과 같은 협조적 게임이론의 해의 개념을 사용한 착륙료율 체계와 비교한 결과 소형기종과 최대기종이 현행 착륙료율 체계에 의해서 다소 이득을 보고 있는 것으로 나타난다.

본 논문에서는 그 원인으로 비용의 공헌도는 최대 이득중량뿐만 아니라 필요이륙거리에 영향을 받으며, 현행 요금체계는 항공기의 운항회수를 고려하지 못하고 있고, 요금의 구간한계도 세분화되지 못하고 가장 높은 요금수준도 너무 낮게 책정되어 있다는 점을 들고 있다. 그러므로 착륙료율 체계의 개선을 위해서는 기본요금을 올리고, 요금구간을 세분하며, 운항회수나 필요이륙거리 등도 착륙료율 설정에 고려해야 한다는 정책적 시사점을 얻을 수 있다.

## 1. 머리말

費用配分問題란 각 경제주체들에게 상이한 편익을 제공하는 결합생산물(joint product)이나 서비스의 공동비용을 효율성과 공평성의 제약하에서 각 경제주체들에게 합리적으로 배분하는 방법에 관한 연구이다. 이러한 비용배분문제는 공공사업이나 기업내부의 회계문제 등에서 다양한 모습으로 발생하며, 특히 공기업과 관련하여서는 공항이나 다목적댐과 같은 공동시설의 비용배분이나 요금책정에서 주로 발생한다.<sup>(1)</sup>

비용배분의 근거로 편익이나 비용이 사용될 수 있다. 각 경제주체들이 공동시설로부터 받는 편익에 근거하여 비용을 배분하는 것이 보다 합리적이라고 기대할 수도 있지만, 편

(1) 포괄적인 접근은 Young(1985b)에서 볼 수 있다. Littlechild and Thompson(1977), Young, Okada and Hashimoto(1982), Shubik(1962)들에서는 개별사례를 찾을 수 있다.

익은 일반적으로 추정하기가 어려우며, 각 경제주체들의 자발적인 보고에 의존하게 될 경우 각 경제주체들의 전략적 행위가 있을 수 있으므로 비용배분의 기준으로 사용하기에 어려움이 따른다. 반면에 공동시설에 드는 비용은 객관적인 계산이 비교적 용이하며 그 개념이 명확하게 규정될 수 있으므로 상대적으로 비용배분의 근거로 사용하기가 용이하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 비용에 근거한 비용배분문제에 국한하여 논의를 전개 하도록 하겠다.

이러한 비용배분문제는 協調的 게임理論(cooperative game theory)을 응용하여 분석할 수 있다. 협조적 게임이론의 주된 관심사는 경제주체들의 이해관계가 상충하는 상황에서 주어진 정보들을 토대로 가장 합리적인 타협점을 찾는 것이므로, 경제주체들이 비용의 분담에 관하여 각기 다른 의견을 갖고 있는 비용배분문제에도 적절하게 응용될 수 있다. 특히 移轉的 效用 聯合型 게임(transferable utility coalitional form game)에서 소개된 解(solution)로서 그 특성이 널리 연구된 샤플리밸류(Shapley value), 中核(nucleolus), 費用 隔差法(cost gap method) 등은 비용배분문제에서도 널리 응용되고 있다.<sup>(2)</sup>

특히 공항의 착륙료 책정문제는 다른 비용배분문제와는 달리 단순화될 수 있으므로, 협조적 게임이론을 보다 용이하게 응용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 협조적 게임이론을 응용하여 김포공항의 활주로 착륙요금 책정문제를 분석하여 보고자 한다. 일반적으로 한 공항에서는 여러 기종의 비행기들이 운항되고 있는데, 각 기종은 각기 다른 공항시설, 특히 서로 다른 이착륙거리를 필요로 한다. 이들에게 동일한 요금을 부과하는 것은 불합리하며, 이착륙시에 필요한 제반사항들을 기초로 하여 그 요금을 책정해야 한다. 본 논문에서는 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법 등의 협조적 게임이론의 해를 사용하여 그 요율을 계산하여 보고자 한다. 그리고 각기 다른 해들은 비용배분문제에 대하여 각기 다른 결론을 내리므로, 이들이 제시하는 해결책을 현재 김포공항에서 실제로 사용하는 비행기 이착륙요금과 비교하여 분석하고자 한다.

이러한 실증분석을 통하여 발견한 결과 중 가장 의미있는 점은 항공기 기종간의 相互補助문제에 관한 것이다. 현행 요금체계를 공항비용게임에 근거한 기종별 배분액과 비교해 보면 소형기종은 상대적으로 더 큰 이득을 보고 있다. 소형기종이 현행 요금체계에 의하여 이득을 보게 되는 이유는 현행 요금체계가 최대이륙중량만을 착륙료 설정의 기준으로 삼고 있다는 데 있다. 그리고 중형기종들과 대형기종들은 현행 요금체계에 의해서 손해를 보고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 현행 요금체계는 중형과 대형 기종들이 소형기

(2) 이러한 게임에 대한 보다 자세한 설명은 전영섭(1991)을 참조.

종을 보조하고 있는 것으로 결론지을 수 있다. 중형기종들이 현행 요금제에 의해 손해를 보게 되는 이유는 현행 요금제에의 구간이 전반적인 기종의 크기에 비하여 너무 낮게 설정되었고, 구간의 수도 너무 적게 설정되어 있다는 데 있다.

현행 요금이 공항비용게임에 근거한 착륙료율 중에서 어느 것에 가장 가까운가를 보기 위해 이 논문에서는 相對的 加重偏差라는 방법을 제안하였는데, 이것을 이용하여 계산해보면 현행 요금은 샤플리밸류에 가장 가깝고 중핵에서 가장 먼 것으로 나타났다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 비용배분문제를 협조적 게임이론의 표현으로 정형화한 다음 앞으로 논의할 주요 해들의 개념을 소개하였다. 제3장에서는 합리적인 착륙료 설정문제를 空港費用게임(airport cost game)으로 모형화한 다음, 이 게임의 특성에 따라 해들을 단순화시켰다. 제4장에서는 이러한 모형을 김포공항의 費用-收益 자료를 사용하여 실제 적용한 다음 현재의 김포공항 착륙료율 체계와 비교하였다. 마지막으로 제5장에서는 이러한 논의를 정리하고 본 논문의 한계점을 제시하였다.

## 2. 費用配分게임

먼저  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 을 공공시설의 잠재적인 소비자, 즉 경기자들의 집합이라고 하자.  $N$ 의 임의의 부분집합  $S$ 를 聯合(coalition)이라고 부르며, 연합  $S$ 에 속한 경기자들의 수  $|S|$ 는  $s$ 로 표시한다. 각 경기자는 부담해야 되는 비용액수에 따라 공공시설의 사용 여부를 결정하게 된다.

비용함수  $c$ 는 모든 연합에 대하여 정의되는 함수로, 연합  $S$ 의 비용  $c(S)$ 는 가장 효율적인 방법으로 연합  $S$ 에 속한 경기자들에게 서비스를 제공하는 데 드는 비용을 나타낸다. 어떤 경기자에게도 서비스를 제공하지 않을 때의 비용은 0으로, 즉  $c(\emptyset) = 0$ 으로 가정한다. 서로 分離된(disjoint) 두 연합에 대하여 동시에 서비스를 제공하는 것은 각 연합에게 별도의 서비스를 제공할 가능성도 포함하기 때문에, 임의의 연합  $S$ 와  $T$ 에 대하여  $c(S \cup T) \leq c(S) + c(T)$ 의 관계가 성립한다. 따라서 비용함수  $c$ 는 下位可算性(subadditivity)을 충족시킨다. 이때 비용함수  $c$ 를 비용게임의 特性函數(characteristic function)라고 부른다.

費用配分方法(cost allocation method)은 함수  $\phi$ 로 모든 비용함수  $c$ 에 대하여 벡터  $\phi(c) = (\phi_i(c))_{i \in N}$ 를 대응시킨다. 여기서 실수  $\phi_i(c)$ 는 비용함수가  $c$ 일 때, 경기자  $i$ 에게 배분된 비용을 나타낸다.

협조적 게임이론이 다양한 비용배분문제에 적용되면서 주목을 받은 해로는 샤플리밸류,

중핵, 비용격차법 등을 들 수 있다. 이제 이들을 비용배분문제에 적합하게 정의하도록 하겠다.

### 2.1. 샤플리밸류(Shapley value)

Shapley(1953)는 각 경기자가 어떠한 연합에 가입할 경우 각 연합이 추가적으로 부담하게 되는 한계비용에 근거하여 비용을 배분하는 방법을 제안하였으며, 이를 샤플리밸류라고 부른다. 샤플리밸류에서 각 경기자에게 배분되는 비용은 각 연합에 대하여 그 경기자에 의하여 추가적으로 발생하는 한계비용의 가중평균치로서 계산되며, 연합  $S$ 에 부여되는 가중치는, 임의의 배열에서 경기자  $i$ 보다 앞서서 연합  $S$ 가 형성되고 그 이후에  $N \setminus (S \cup \{i\})$ 가 올 확률, 즉  $\{s!(n-s-1)!/n!\}$ 이 된다.

定義: 모든 비용함수  $c$ 와 모든 경기자  $i$ 에 대해 샤플리밸류는

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

로 정의된다.

샤플리밸류에 의한 비용배분은 항상 코아 안에 속하지 않을 수도 있다는 문제점이 있으나, 비용함수가 오목(concave)할 경우에는 샤플리밸류에 의한 비용배분은 항상 코아에 속하게 된다. 그리고 샤플리밸류는 그 계산이 명확하고 투명할 뿐만 아니라, 모든 문제에 있어 항상 유일하게 존재한다는 장점을 가지고 있다.<sup>(3)</sup>

### 2.2. 中核(nucleolus)

어떤 비용배분이 코아에 속하는 것이 바람직할 경우에는 샤플리밸류가 적합하지 않을 수도 있다. 따라서 코아가 공집합이 아닌 경우 그 중에서 유일한 비용배분을 선택하는 합리적이고 일관성있는 비용배분방법에 대한 고찰이 중요하게 된다. 이 문제에 대한 하나의 해결책으로는 Schmeidler(1969)에 의해 처음 소개된 中核(nucleolus)을 들 수 있는데, 이는 가장 빈곤한 聯合(the least-well-off coalition)을 가능한 한 부유하게 만들어주는 비용배분을 선택하는 비용배분방법이다.

이를 보다 엄밀하게 설명하면 다음과 같다. 모든 비용배분  $x$ 와 모든 연합  $S$ 와  $T$ 에 대해

(3) 샤플리밸류에 대한 보다 자세한 설명은 전영섭(1991)을 참조.

$$c(S) - \sum_{i \in S} x_i > c(T) - \sum_{i \in T} x_i$$

이면, '비용배분  $x$ 에서 연합  $S$ 가 연합  $T$ 보다 더 부유하다' 라고 정의한다. 여기서  $e(x, S) = c(S) - \sum_{i \in S} x_i$ 를  $x$ 에 대한 연합  $S$ 의 剩餘(excess)라고 한다.

定義: 모든 비용함수  $c$ 에 대해,  $x \in R^N$ 가  $\sum_{i \in N} x_i = C(N)$ 인 비용배분의 집합을  $B$ 라고 하자.  $B$ 에 속한 비용배분  $x$ 에 대해 모든 연합들의 잉여  $e(x, S) \in R^{2^N}$ 를 계산하여 작은 값부터 큰 값의 순으로 나열한 후, 이를  $B$ 에 속한 다른 비용배분과 辭典編纂式 順序(lexicographic ordering)로 비교하게 된다. 중핵은 가장 선호되는 잉여 벡터를 지닌 비용배분을 선택한다. 즉, 모든 비용배분  $x$ 의 잉여벡터  $e(x, S)$ 와 비용배분  $\gamma$ 의 잉여벡터  $e(\gamma, S)$ 를 가장 작은 값부터 사전편찬식으로 비교하여 배분  $\gamma$ 의 잉여벡터가 가장 크다면 비용배분  $\gamma$ 가 가장 선호되며, 이 배분  $\gamma$ 가 바로 중핵이 선택하는 비용배분이다.

따라서 중핵에 의한 비용배분은 가장 빈곤한 연합을 가능한 한 부유하게 만들며, 이는 곧 모든 연합에 대한 잉여의 최소치를 최대로 해주는 비용배분을 찾는 것과 동일하다. 이는 가능한 한 코아의 경계로부터 멀리 떨어져 있는 코아의 중심점을 찾는 것으로 볼 수도 있다. 해석에 따라서는 샵플리밸류가 限界主義的 입장을 반영하고 있는 반면 중핵은 平等主義的 입장을 반영하고 있다고 볼 수도 있다.

그러나 중핵은 그 계산이 어렵다는 단점을 지니고 있어 이를 보다 쉽게 계산하기 위한 알고리즘에 대한 연구도 활발하게 이루어졌으며, Kopelowitz(1967)는  $n$ 명의 경기자가 있는 게임에서 최대한  $n-1$ 개의 線形計劃의 해로서 중핵을 계산할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.

### 2.3. 費用隔差法(cost gap method, 혹은 $\tau$ -value)

Tijs and Drissen(1986)에 의해 소개된 費用隔差法(cost gap method, 혹은  $\tau$ -value)에서는 먼저 결합생산물의 총비용을 分離可能費用(separable cost)과 分離不可能費用(nonseparable cost)으로 나눈다. 경기자  $i$ 의 분리가능비용  $m_i^c$ 은 대연합  $N$ 에서 경기자  $i$ 의 한계비용(marginal cost), 즉  $m_i^c = C(N) - C(N/i)$ 로, 분리불가능비용  $g^c(N)$ 은 대연합의 총비용에서 총분리가능비용을 제한 나머지, 즉  $g^c(N) = C(N) - \sum_{i \in N} m_i^c$ 로 정의된다.

定義: 모든  $i \in N$ 에 대하여  $w_i^c = \min_{S: i \in S} \{g^c(S)\}$ 로,  $a_i = w_i^c / \sum_{i \in N} w_i^c$ 로 정의하자.  
 이때 모든 비용함수  $c$ 와 모든 경기자  $i$ 에 대해 비용격차법은

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

로 정의된다.

비용격차법에 따르면 경기자  $i$ 의 비용부담액은 경기자  $i$ 가 부담하여야 하는 최저비용으로 간주할 수 있는  $m_i^c$ 와 최대비용으로 간주할 수 있는  $m_i^c + g^c(S)$ 의 선형결합이 된다.

### 3. 空港費用게임

앞에서 소개한 세 비용배분방법은 협조적 게임의 해로 널리 각광을 받아 왔으나, 실제로  $n$ 명의 경기자가 있는 게임에서는  $2^n - 1$ 개 연합의 비용을 계산하여야 하므로 경기자의 수가 많아짐에 따라 그 해의 값들을 계산하기가 어렵다는 문제점을 지니고 있다. 그러나 空港費用게임(airport cost game)의 경우에는 게임의 특성을 이용하여 보다 쉬운 방법으로 그 해들을 계산할 수 있으므로 그 응용이 보다 용이할 수 있다. 이 절에서는 이러한 세 비용배분방법이 공항비용게임에서 어떻게 단순화될 수 있는지를 살펴보기로 하겠다.

#### 3.1. 空港費用게임의 特性

공항에서 항공기의 이착륙에 필요한 시설의 비용은 단순하면서도 특이한 구조를 가지고 있다. 초기 이착륙시설의 건설비용은 그 시설이 서비스의 대상으로 삼는 항공기 중 가장 긴 활주로가 필요한 최대유형 항공기에 의해 결정되는 데 반하여 그 시설을 계속적으로 사용하기 위한 유지비용은 각 유형 항공기의 운항회수에 비례하게 된다는 것이다.<sup>(4)</sup> 이러한 비용구조의 특수성 때문에 이착륙시설의 비용배분문제는 다음과 같이 단순화시킬 수 있다.

먼저 경기자들의 집합을  $N$ 이라고 하자.<sup>(5)</sup> 경기자들의 유형  $i = 1, \dots, m$ 으로 두고,  $i$ 유형의 경기자들의 집합을  $N_i$ , 그리고 그 수를  $n_i$ 로 나타내면,  $\cup_{i=1}^m N_i = N$ 이 되고,

(4) 여기서 '최대'라는 말은 그 항공기에게 이착륙서비스를 제공하기 위한 이착륙시설의 비용이 가장 크다는 것이다. 그리고 초기의 건설비용이 '최대'유형의 항공기에 의존하게 되므로 분석기간의 자본비용도 역시 이 유형의 항공기에 의존하게 될 것이다.

(5) 이 게임에서 경기자는 각 유형의 항공기들이 한번 착륙하는 행위가 된다.

$\sum_{i=1}^m n_i = n$ 이 된다.  $i$ 유형의 경기자들에게 서비스를 제공하기 위하여 필요한 최소비용을  $c_i$ 라고 하면, 일반성의 상실 없이 다음의 가정을 할 수 있다.

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

만약 이착륙시설이  $i$ 유형의 항공기에 서비스를 제공하기에 충분하다면  $j < i$ 인  $j$ 유형의 항공기에 서비스를 제공하기도 충분할 것이다. 따라서 이착륙시설의 비용배분문제는 최대유형의 항공기에 서비스를 제공하기 위해 필요한 비용을 각 경기자들 사이에 어떻게 배분하는가 하는 문제로 해석될 수 있다. 더 나아가서, 공항비용게임의 특성함수는 다음과 같이 바꾸어 정의될 수 있다.

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

이 게임에서 비용배분방법은 각 경기자에게 전체비용  $c(N)$ 을 배분시키는 함수

$$\varphi(c) = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad \sum_{i=1}^n x_i = c(N)$$

이 된다.

### 3.2. 空港게임의 샤플리밸류

Littlechild and Owen(1973)은 공항게임의 경우에 샤플리밸류가 다음과 같이 단순화될 수 있음을 보였다. 먼저  $k = 1, \dots, m$ 에 대해  $R_k = \cup_{i=k}^m N_i$  그리고  $r_k = \sum_{i=k}^m n_i$ 로 정의하면, 샤플리밸류  $\phi$ 는 모든 유형  $i = 1, \dots, m$ 과 모든 경기자  $j \in N_i$ 에 대해

$$\phi_j(c) = \sum_{k=1}^i \frac{c_k - c_{k-1}}{\gamma_k}$$

로 계산할 수 있다.<sup>(6)</sup>

(6) 이 계산에서  $R_1 = N$ 이며,  $\gamma_1 = n$ 이 된다.

공항게임의 샤플리밸류는, 가장 작은 유형의 항공기에 이착륙서비스를 제공할 때 필요한 이착륙시설의 비용은 모든 유형의 항공기가 이착륙서비스를 제공받기 위하여 공통으로 필요한 부분이므로 모든 경기자들에게 동일하게 분담시키며, 그 다음부터 각 유형의 항공기에 이착륙서비스를 제공하기 위하여 추가적으로 들어가는 비용은 추가적인 규모의 시설을 필요로 하는 해당 경기자들 사이에 동등하게 배분한다

### 3.3. 空港게임의 中核

Littlechild(1974)는 공항게임의 경우 중핵이 다음과 같이 단순화될 수 있음을 보여주고 있다. 먼저  $M_i = \sum_{j=1}^i n_j$  라고 두면, 공항게임의 중핵은 다음과 같이 주어진다.

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

$\gamma_k$ 와  $i_k$ 는 다음에 의하여 귀납적으로 정의된다.

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

$i_k$ 는 위의 식이 最小値를 달성하는  $i$ 의 값 중에서 最大값을 나타낸다. (즉, 다음과 같은 과정을 거친다.  $g_0 = i_0 = c_0 = 0$ 에서 시작해서  $k = 1, \dots, k'$  까지 계속되는데, 이때  $i_{k'} = n$ 이 된다.)

그런데, 위의 식에서 각 유형 경기자의 수가 많은 경우에는 분모에 있는 +1의 영향은 무시할 수 있다. 더 나아가서  $\gamma_{k-1}/(M_i - M_{i_{k-1}})$ 의 값은  $1/n_i$ 과  $c_i$ 를 곱한 값에 의존하게 되므로, 각 유형 경기자의 수가 많아짐에 따라 그 값이 작아지게 되어 무시할 수 있다. 따라서 이 경우에는 다음과 같은 보다 단순한 방법으로 중핵의 근사치를 구할 수가 있다.

$$\begin{aligned} \tilde{x}_i &= \tilde{\gamma}_k, \quad i_{k-1} < i \leq i_k, \quad k = 1, \dots, k' \\ \tilde{\gamma} &= \min_{i_{k-1}+1, \dots, n} \left[ \frac{c_i - c_{i_{k-1}}}{M_i - M_{i_{k-1}}} \right] \end{aligned}$$

여기서  $i_k$ 는 앞에서와 같이 정의된다.



### 3.4. 空港게임의 費用隔差法

공항게임의 경우 경기자들의 수가 크므로 가장 큰 유형의 경기자 수  $n_m$ 이 2 이상이라고 가정하여도 무방하다. 이 경우에는 어떤 경기자  $i$ 가  $N_m$ 에 속한다 하더라도 다른 어떤 경기자가  $N_m$ 에 속해 있을 것이므로  $c(N) = c(N/i)$ 이 된다. 따라서

$$m_i^c = 0, \quad g^c(S) = C(S) \text{ (모든 } S \subset N),$$

$$g^c(N) = C(N) = c_m, \quad w_i^c = c_j \text{ (모든 } i \in N_j).$$

가 되며, 費用隔差法에 의한 비용배분은

$$CG_i = \left( \frac{c_j}{\sum_{k=1}^m n_k c_k} \right) c_m, \quad \text{모든 } i \in N_j.$$

로 단순화된다.

따라서 공항게임에서 비용격차법에 의한 비용배분은 총비용  $c(N) (= c_m)$ 을 단순 비례적으로 배분하게 된다. 일반적인 경우 비용격차법은 比例法(proportional method)과 상이하나, 공항시설과 같은 특수한 비용함수 하에서는 서로 동일한 방법의 비용배분을 낳게 되는 것이다.

## 4. 金浦空港의 着陸料率 設定

비용배분에 관한 지금까지의 논의는 다목적덤이나<sup>(7)</sup> 공항시설과 같이 여러 주체들에게 각각 상이한 편익을 제공하는 국가 기간시설의 초기 건설비용의 배분이나 요금설정에 사용될 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 그 비용배분액의 분담률 산정이나 요금의 설정이 경제적인 논리보다는 물가인상율이나 기타 경제변수들을 고려한 정부의 일방적인 통제로 이루어져 왔다. 그 결과 비용배분방법이 효율성과 공평성을 만족시키지 못할 뿐만 아니라, 수입이 비용을 제대로 보전하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 이 장에서는 1990년

(7) 협조적 게임이론을 응용하여 우리나라 다목적덤의 비용배분문제를 다룬 논문으로는 Kim(1990)을 들 수 있다. 이 논문에서는 사례연구로서 대청다목적덤의 목적별 비용배분문제를 다루고 있다.

김포공항의 비용과 수익구조에 비용배분문제를 적용하여 김포공항의 착륙료를 계산한 후, 현행의 요금체계가 효율성이나 형평성의 관점에서 바람직한가를 살펴보고자 한다.

#### 4.1. 研究의 必要性

우리나라의 항공수요는 1970년 이후 꾸준히 성장하여 총여객수송량과 국제선의 여객수송량의 연평균증가율은 1970년대 11.4%와 22.2%, 1980년대 22.3%와 12.7%에 달하고 있다. 이러한 항공교통에 대한 수요의 증대는 기존 항공시설의 용량부족 현상을 가져왔으나, 재원부족으로 말미암아 공항개발 투자는 저조한 실정이다. 그 결과 국제공항을 제외한 지방공항들은 시설이 낙후되어 지연, 결항이 빈번하게 발생하여 충분한 서비스를 제공하지 못하고 있다. 이에 따라 정부에서는 증가하는 항공수요에 대처하기 위하여 1980년대 초부터 신공항에 대하여 검토하고, 1990년 6월 영종도를 건설지로 최종 확정 한 후, 1992년 6월 건설예정지역을 지정하고 기본계획을 확정, 고시하였다. 이 계획이 실행되어 신공항이 건설되면 늘어나는 항공수요에 적절히 대처할 수 있겠으나, 재원조달의 문제는 여전히 남게 된다. 따라서 합리적인 요금체계에 대한 검토 없이 일회적으로 대처하려 한다면 재원조달의 문제는 악순환을 계속하게 될 것이다.

공항의 유지·관리나 개량·확장은 공항관리공단에서 징수하는 각종 항공시설 사용료 수입에 의해 이루어지고 있다. 그러나 현행의 항공시설 사용료 요율은 외국공항의 수준에 비해 상당히 낮고 원가나 경제적 비용과는 관계 없이 불가당국의 정책에 의해 조정되어, 노후화된 시설의 개량이나 확장을 위한 재원의 확보는 매우 어렵다고 할 수 있다. 국제민간항공기구(ICAO)에서 제시한 항공시설 사용료 징수의 국제적인 원칙에 의하면 항공시설의 사용료율은 항공시설의 유지, 운영, 관리비뿐만 아니라 투자자본 이자율과 감가상각비를 포함한 지역사회의 총경제적 비용을 기준으로 설정되어야 하지만, 우리나라의 경우는 대부분의 시설이 국가의 소유로 되어 있고, 공항관리공단은 이를 무상 사용하고 있기 때문에 공단회계에서 국유재산에 대한 비용이 누락됨으로써 비용이 과소평가되고 있다고 할 수 있다. 그 결과 항공시설 사용료 수익과 비용간에 심각한 불균형 현상을 보이고 있다.

그러므로 항공수송의 수요증가에 적절히 대처하고 항공수송산업의 건전한 발전을 도모하기 위해서는 합리적인 시설 사용료 징수기준을 설정하여 항공시설의 유지·관리, 개량·확장에 필요한 재원확보를 위한 적정 수준의 항공시설 사용료를 징수하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 공항수입 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 착륙료에 대해 게임이론을 응용한 분석을 행하고자 한다.

4.2. 現行 着陸料率

교통개발연구원(1991)에 따르면 공단지출비용을 그 성격에 따라 직접비, Airside 공통비, Landside 공통비, 그리고 전체공통비로 구분하고, 직접비 항목 중에서 시설관리비, 이연상각비는, 사용료별로 직접 관련되는 비용은 각 사용료에 직접 배분하고 각 공통비는 각 사용료의 1990년도 징수실적에 의해 배분하고 있다. 공통비의 경우는 시설관리비는 전체 항목에, 직영사업비는 Landside 사용료에, 그리고 나머지 공통비는 시설관리유지비를 제외한 모든 사용료에 배분하고 있다.

국유재산 항목 중 토지비용의 경우에는 이를 각 시설이 점유하고 있는 면적에 의해 시설별로 배분한 다음 관련 사용료에 배분하고 있으며, 건물비용의 경우에는 직접비는 각 사용료에 직접 배분하고 공통비는 각 사용료의 징수실적을 기준으로 배분하고 있다.

이와 같은 비용배분의 결과 공단지출비용 중 32%, 국유재산비용 중 52%가 착륙료 수입으로 거두어야 할 액수로 추정되기 때문에 공항시설비용 중 착륙료로 부과되어야 하는 액수는 전체 비용의 약 47.98%, 97,983,429천원에 이르는 것으로 나타나고 있다. <表 1>은 사용료별 비용배분 결과를 보여주고 있다. 이 중 토지, 건물 및 장비 비용 등의 국유재산비용과 이연상각비는 자본비용으로, 시설관리비와 기타공통비는 유지비용으로 분류할 수 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 착륙료에 대한 비용배분액과 1990년도 실제 착륙료 징수액의 비율은 약 4.42.1로서 심한 불균형을 이루고 있다. 이러한 사실은 기존의 연구

<表 1> 空港施設費用의 使用料別 配分額

(단위 천원)

사용료	공단지출비용	국유재산비용	계	비율(%)
토지임대료	725,619	4,079,536	4,805,154	2.35
건물임대료	7,925,834	15,954,551	23,880,385	11.69
착륙료	12,687,477	85,295,952	97,983,429	47.98
정류+정치	1,076,515	16,200,354	17,276,869	8.46
조명료	602,200	4,705,116	5,307,316	2.60
계류장사용료	480,047	6,788,087	7,268,134	3.56
여객이용료	13,690,168	17,801,818	31,491,986	15.42
주차료	2,055,262	11,441,715	13,496,977	6.61
특별대합실료	1,245	2,795	4,040	0.00
유지관리비	657,248	2,408,826	2,706,074	1.33
계	39,901,614	164,318,749	204,220,363	100.00

資料: 교통개발연구원(1991)

에서도 지적되고 있지만, 국유재산을 무상으로 사용하고 있어 국유재산비용이 공단회계에 산정되지 않는 데에 기인한다고 볼 수 있다. 그러나 대부분의 연구결과들이 이러한 비용-수익의 불균형을 효율적이고 공정하게 해소할 수 있는 합리적인 요율체계에 관해서가 아니라 현행 요금체계 하에서 얼마만큼의 인상요인이 있는지에 대해서만 그 초점을 맞추어 왔다고 할 수 있다.

항공시설관리규칙(교통부령 제922호)의 별표에 따르면 현행 착륙료는 항공기의 최대이륙중량(MTOW)을 기준으로 항공기가 착륙할 때마다 부과하는 것으로 되어 있다. 그 요율체계를 간략하게 살펴보면, 먼저 국내선과 국제선의 요율체계가 상이하여 국제선 항공기에 대하여 더 높은 요율을 적용하고 있다는 점이 특이하다. 외국의 경우, 독일이나 오스트리아, 캐나다, 프랑스 등을 제외하고는 국내선과 국제선 항공기에 상이한 요율을 적용하고 있는 나라는 거의 없다.

요금은 최대이륙중량 10톤을 기본으로 하여 10톤까지는 기본요금을 적용하고 있으며, 국내선의 경우는 25톤, 국제선의 경우는 45톤을 구간한계로 하여 톤당 부가요금을 부과하고 있다. 그리고 국내선의 경우 25톤, 국제선의 경우 45톤을 초과하는 경우에는 더 높은 요율을 적용하여 요금을 부과하고 있다. <表 2>에서는 현행 착륙료를 체계를 보여주고 있다.

이러한 요율체계 하에서 국내선 항공기의 착륙료율은 국제선 항공기와 비교하여, 16-17% 수준에 불과하다. 국제선의 경우 외국공항의 평균착륙료가 김포공항의 131% 수준이므로 거의 비슷하다고 할 수 있으나, 국내선의 경우에는 외국공항의 평균착륙료가 김포공항의 702%에 달하고 있어 그 차이가 크게 나타나고 있다. 이는 항공산업을 국가기간산업으로 간주하고 경쟁력을 높이고자 하는 정부 정책목표의 반영이라고 할 수 있으나, 요율체계 그 자체만을 두고 볼 때 바람직하다고 할 수는 없을 것이다

<表 2> 現行 着陸料率體系(1990年 基準)

구 분	중량구간 및 요율	
국 내 선	— 중량 10톤까지	\$3.07
	— 중량 10톤초과 중량 25톤까지 + 매톤당	\$0.50
	— 중량 25톤초과 + 매톤당	\$0.87
국 제 선	— 중량 10톤까지	\$23.13
	— 중량 10톤초과 중량 45톤까지 + 매톤당	\$3.84
	— 중량 45톤초과 + 매톤당	\$5.38

資料: 항공시설관리규칙(교통부령 제922호)

따라서 현행 착륙료는 이착륙시설을 유지, 관리하고 시설을 개량, 확장하기 위한 수준에 크게 못미치고 있으며, 이는 국유재산비용이計上되지 않고 있다는 점과 지나치게 낮은 국내선 착륙료율에 그 주된 원인이 있다고 할 수 있다.

#### 4.3. 協調的 게임理論을 適用한 着陸料率

##### 4.3.1 模型

본 연구에서는 1990년도 김포공항의 비용자료를 기초로 분석을 행한다. 비용과 관련해서는 활주로등 항공기의 이착륙에 직접 필요한 시설뿐만 아니라 간접적으로 분담하여야 하는 비용항목까지도 배분되어야 하는 비용으로 산정하였다. 또한 물가안정을 위한 정부의 요금규제나 보조금지급, 요금을 둘러싼 항공사간의 담합 등은 고려하지 않기로 한다.

1990년 김포공항에서는 공항이착륙시설에 약 97,983,428천원의 비용이 들었으며, 이 중 22,163,807천원만이 착륙료수입으로 징수되었다. 이착륙시설비용 중 자본비용은 85,975,868천원에 이르는 반면, 유지비용은 12,007,560천원으로 계산되었다. 이 기간 동안 김포공항을 이용한 항공기의 수는 총 29기종에 56,745회에 이른다. 이 중 운항회수가 20회 미만인 기종은 분석의 편의를 위해 본 연구에서는 기타로 처리하기로 한다.

항공기의 이착륙시설을 건설하는 데 소요되는 비용과 유지를 위한 비용은 그 공항이 이착륙서비스를 제공하는 항공기의 유형에 따라 달라진다. 앞서서도 살펴보았듯이, 이착륙시설의 건설비용은 가장 큰(largest) 유형의 항공기에 의해서 결정되는 데 비해 유지비용은 각 항공기의 운항회수에 비례하여 결정된다. 각 유형의 항공기가 건설비용 및 유지비용에 공헌하는 정도를 알기 위해서는 먼저 항공기 유형별로 일종의 貢獻指數를 구하여야 한다.

공헌지수를 구하기 위해서는 각 기종의 항공기에 이착륙서비스를 제공하는 데 필요한 활주로등의 이착륙시설의 규모가 결정되어야 하며, 이때 고려해야 하는 요인으로는 각 항공기별 이착륙거리와 최대이륙중량(MTOW)을 들 수 있다. 일반적으로 착륙거리는 이륙거리에 비해 짧으므로 여기서는 이륙거리(T-O length)만을 고려의 대상으로 삼기로 한다. 1990년도에 김포공항을 이용한 항공기의 기종과 기종별 이륙거리와 최대이륙중량은 <表 3>과 같다.

이러한 자료를 바탕으로 단일한 공헌지수를 계산하기 위해서는 두 요인간에 가중치를 설정할 필요가 있으며, 본 연구에서는 최대이륙중량 필요이륙거리간의 가중치를 1:2와 1:3의 두 경우로 설정하여 분석하기로 한다.<sup>(8)</sup>

(8) Littlechild and Thompson(1977)에서는 이륙거리와 중량, 기동성(manueverability)을 5:2:1의

〈表 3〉 機種別 運航回數 및 最大離陸重量, 離陸距離

기 종	운항회수	최대이륙중량(Kg)	이륙거리(m)
F28	3,973	34,497	1,585
B737-500	372	53,000	2,090
B737	10,872	64,967	1,827
MD82	6,112	68,338	2,315
B727	8,175	81,360	2,271
A310	88	142,511	1,863
B767	1,735	144,963	2,057
B767-300	203	157,000	2,575
DC8	500	161,328	2,842
A300	0,228	162,108	2,332
L1011	1,373	215,482	2,805
DC10	1,818	246,202	3,152
B747	10,461	358,049	3,298
B747-400	662	392,158	3,337
기 타	173	—	—
계	56,745		

註 이 표의 최대이륙중량은 1990년도에 김포공항에서 운항된 항공기별 최대이륙중량의 평균치이고, 이륙거리는 기본기종과 장거리 운항을 위한 각종 옵션을 갖춘 기종 사이의 평균치임.  
 資料: 교통개발연구원(1991), 『항공시설사용료 징수제도 개선방안연구』 *Jane's All the World Aircraft*, 각년도.

최대유형의 항공기를 1로 두었을 때, 각 항공기 유형별 공헌지수는 〈表 4〉에 주어져 있다. 두 공헌지수를 비교해 보면, 필요이륙거리에 더 높은 가중치를 주고 구한 공헌지수가 상대적으로 크게 나타나서 대형기종과 소형기종의 차이가 작게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 최대이륙중량에 비하여 필요이륙거리의 차이가 상대적으로 크지 않음에 기인한다고 볼 수 있다.

각 유형의 항공기는 규모에 따라 가중치가 적은 기종부터 가중치가 큰 기종의 순으로 번호를 매겨, 이를 하첨자로 표시하기로 하겠다. 예를 들어, 아래첨자 14는 최대기종인 B747-400기종을 나타낸다. 그 후 항공기  $i$ 의 운항 1회당 유지비용  $c_i$ 와 자본비용  $g_i$ 는 다음과 같이 계산된다.

비율로 고려하여 공헌지수를 구하고 있지만, 기동성에 관한 정의가 명확하지 않기 때문에 본 연구에서는 고려하지 않기로 한다. 일반적인 경우 각 공항이 처한 특수한 상황을 고려하여 고려되어야 하는 변수와 가중치의 크기가 달라질 것이다

〈表 4〉 各 航空機別 貢獻指數

기 종	지 수( $I_i$ )	
	1:2인 경우	1:3인 경우
F28	0.346	0.378
B737	0.421	0.453
B737-500	0.462	0.503
A310	0.493	0.510
MD82	0.521	0.564
B727	0.523	0.563
B767	0.534	0.555
B767-300	0.648	0.679
DC8	0.705	0.742
A300	0.604	0.653
L1011	0.744	0.768
DC10	0.839	0.866
B747	0.963	0.969
B747-400	1.000	1.000

$$(4.1) \quad c_i = I_i c_{14}, \quad g_i = I_i g_{14}$$

기타로 분류된 항공기들에 배분되어야 하는 비용은 총비용 중에서 해당년도의 착륙료 징수실적에 비례하여 배분하였다. 그 결과 총비용 중 기타 항공기에 배분되는 액수는 219,684천원이고, 이 중 자본비용은 192,663천원, 유지비용은 27,021천원을 차지한다. 따라서 위에서 언급된 14유형의 항공기가 56,572회 운항하는 데 배분되어야 하는 총비용은 97,764,744천원으로 계산되고, 그 중 자본비용이 85,783,205천원, 유지비용이 11,980,539천원을 차지한다. 따라서 다음이 성립되어야 할 것이다.

$$(4.2) \quad \sum_{i=1}^{14} n_i c_i = 11,980,539 \text{ (천원)}, \quad g_{14} = 85,783,205 \text{ (천원)}$$

#### 4.3.2 샵플리밸류에 根據한 費用配分

가중치가 1:2라고 가정하고 산정한 공헌지수를 적용하여 기종별 운항 1회당 유지비용과 자본비용을 계산하면 〈表 5〉와 같다. 가장 큰 유형 항공기의 운항 1회당 유지비용은 전체 유지비용을 각 유형 항공기의 공헌지수와 운항회수를 곱한 후 총합한 값으로 나누면 구해진다.

〈表 5〉加重値가 1 2인 경우의 機種別 運航 1回當 維持費用, 資本費用 및  
샤플리밸류에 根據한 着陸料

(단위 천원)

기 종	운항 1회당 유지비용(c <sub>i</sub> )	자본비용(g <sub>i</sub> )	샤플리밸류를 이용한 착륙료
F28	120.230	29,680,989	644.659
B737	146.292	36,114,729	792.975
B737-500	60.538	39,631,841	892.264
A310	171.311	42,291,120	966.568
MD82	181.040	44,693,050	1,034.772
B727	181.735	44,864,616	1,040.653
B767	185.557	45,808,231	1,079.627
A300	209.881	51,813,056	1,341.489
B767-300	225.171	55,587,517	1,607.835
DC8	244.978	60,477,160	1,957.904
L1011	258.529	63,822,705	2,205.630
DC10	291.541	71,972,109	2,868.364
B747	334.629	82,609,226	3,867.682
B747-400	347.486	85,783,205	8,674.212

$$(4.3) \quad c_{14} = \frac{11,980,539(\text{천원})}{\sum_{i=1}^{14} I_i n_i}, \quad c_i = I_i c_{14}$$

자본비용의 샤플리밸류는 공항비용게임의 단순화된 형태의 공식을 이용하여 쉽게 계산할 수 있는데, 운항 1회당 유지비용과 자본비용의 샤플리밸류의 합인 착륙료가 〈表 5〉에 주어져 있다.

〈表 6〉에는 가중치가 1:3인 경우의 공헌지수를 사용하여 구한 운항 1회당 유지비용 및 자본비용, 샤플리밸류를 이용한 착륙료가 주어져 있다.

#### 4.3.3 中核에 根據한 費用配分

자본비용의 중핵과 그 근사치도 공항비용게임의 단순화된 공식을 이용하여 비교적 쉽게 계산할 수 있는데, 자본비용의 중핵(혹은, 그 근사치)과 운항 1회당 유지비용의 합인 착륙료가 〈表 7〉에 주어져 있다.

#### 4.3.4 費用隔差法에 의한 費用配分

자본비용의 비용격차법도 공항비용게임의 단순화된 공식(비례법)을 이용하여 쉽게 구할 수 있는데, 자본비용의 비용격차법과 운항 1회당 유지비용의 합인 착륙료가 〈表 8〉에 주어져 있다.



〈表 6〉 加重值가 1:3인 경우의 機種別 運航 1回當 維持費用, 資本費用  
 및 샤플리밸류에 根據한 着陸料

(단위: 천원)

기 종	운항 1회당 유지비용( $c_i$ )	자본비용( $g_i$ )	샤플리밸류를 이용한 착륙료
F28	124.868	32,426,051	698,182
B737	149.643	38,859,972	845,502
B737-500	166.160	43,148,952	964,289
A310	168.472	43,749,435	981,809
B767	183.337	47,609,679	1,089,352
MD82	185.980	48,295,944	1,111,873
B727	186.310	48,381,728	1,115,053
A300	215.710	56,016,433	1,447,477
B767-300	224.299	58,246,796	1,604,000
DC8	245.110	63,651,139	1,989,813
L1011	253.699	65,881,501	2,154,630
DC10	286.072	74,288,256	2,836,252
B747	320.097	83,123,926	3,664,612
B747-400	330.337	85,783,205	7,691,650

〈表 7〉 中核과 그 近似值에 根據한 合理的 着陸料

(단위: 원)

기 종	중핵에	중핵의 근사치에	중핵에	중핵의 근사치에
	근거한 착륙료 (1:2의 경우)	근거한 착륙료 (1:2의 경우)	근거한 착륙료 (1:3의 경우)	근거한 착륙료 (1:3의 경우)
F28	1,366,825	1,366,855	1,472,975	1,473,007
B737	1,392,825	1,392,855	1,497,975	1,498,007
B737-500	1,407,825	1,407,855	1,513,975	1,514,007
A310	1,417,825	1,417,855	1,516,975	1,517,007
MD82	1,427,825	1,427,855	1,530,975	1,531,007
B727	1,428,825	1,428,855	1,533,975	1,534,007
B767	1,432,825	1,432,855	1,533,975	1,534,007
A300	1,456,825	1,456,855	1,563,975	1,564,007
B767-300	2,370,265	2,370,327	2,112,328	2,112,366
DC8	2,390,265	2,390,327	2,133,328	2,133,366
L1011	2,404,265	2,404,265	2,142,328	2,142,366
DC10	2,437,265	2,437,265	2,174,328	2,174,366
B747	2,480,265	2,480,327	2,208,328	2,208,366
B747-400	5,144,770	5,141,530	4,349,890	4,347,038

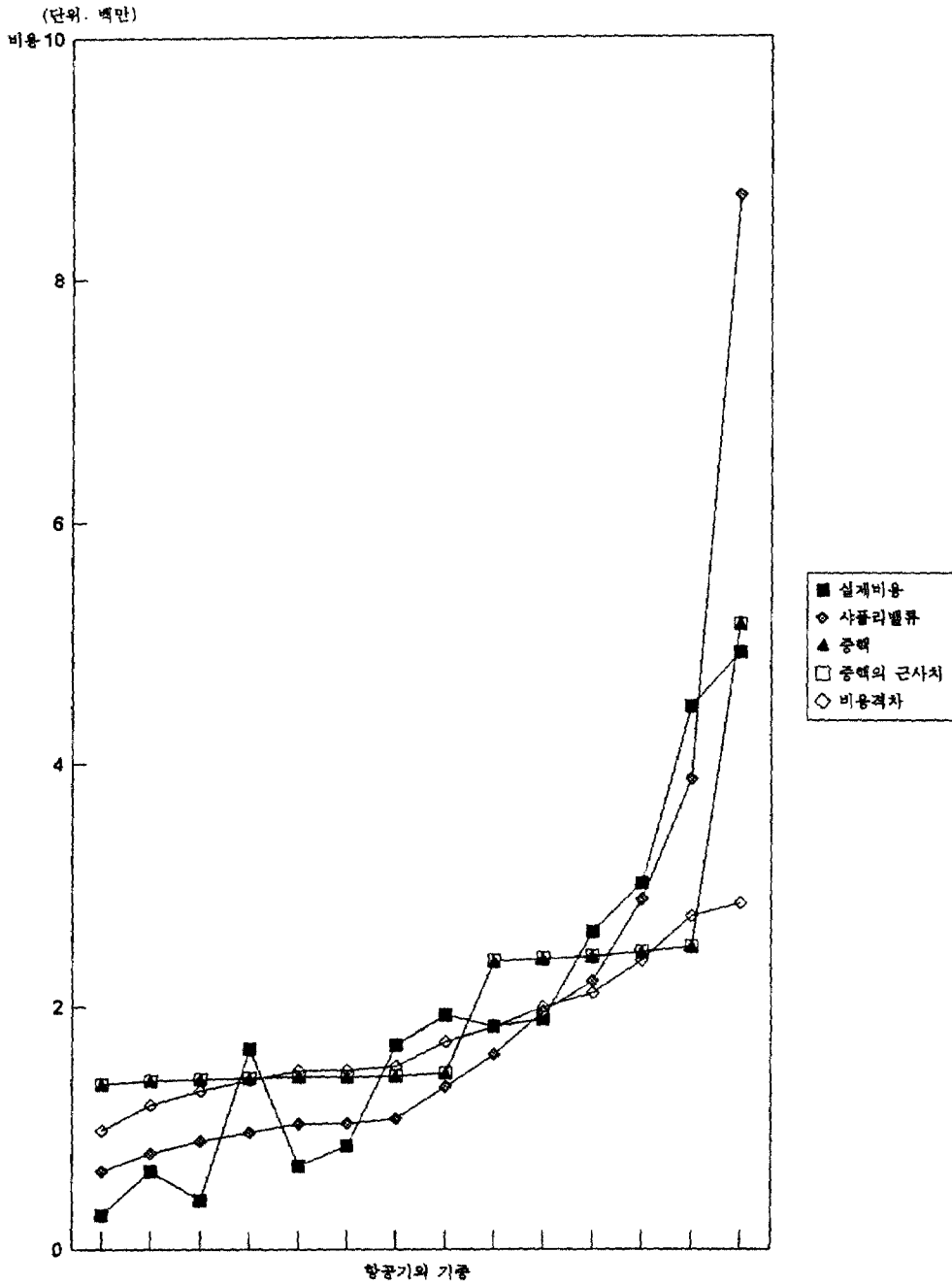
〈表 8〉 費用隔차를 이용한 合理的인 着陸料

(단위 원)

기 종	비용격차를 이용한 착륙료 (1:2의 경우)	비용격차를 이용한 착륙료 (1:3의 경우)
F28	980,371	1,019,578
B737	1,192,868	1,222,078
B737-500	1,309,819	1,356,403
A310	1,396,904	1,375,970
B767	1,476,530	1,496,467
MD82	1,482,503	1,518,399
B727	1,513,856	1,520,767
A300	1,711,919	1,761,395
B767-300	1,836,331	1,830,926
DC8	1,998,068	2,001,023
L1011	2,109,046	2,071,554
DC10	2,378,575	2,335,482
B747	2,729,616	2,613,242
B747-400	2,833,621	2,696,607

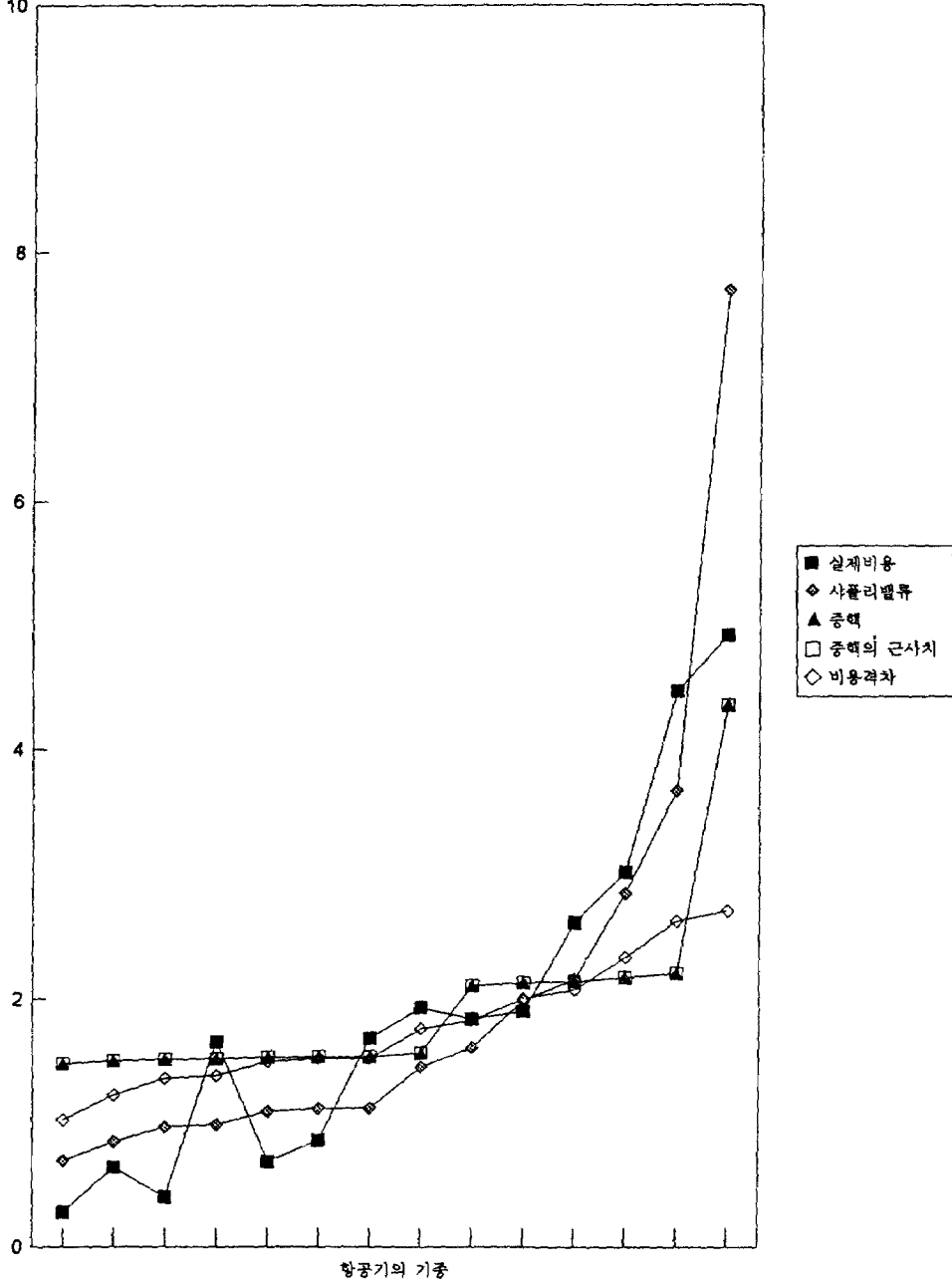
4.3.5 세 가지 着陸料率의 比較

〈表 5〉에서 〈表 8〉까지 주어진 세 가지 착륙료율(중핵의 근사치를 포함한 네 가지)이 〈그림 1〉(가중치 1:2의 경우)과 〈그림 2〉(가중치 1:3의 경우)에 요약되어 있다. 이 두 그림을 보면 공통적으로 몇 가지 특징들을 발견할 수 있다. 첫째, 중핵과 그 근사치는 아주 미세한 차이만을 보인다. 둘째, 세 가지 착륙료율은 소형기종과 대형기종 사이의 요금차에 있어서, 전혀 다른 행태를 보인다. 예를 들면, 샤플리밸류에 근거한 요금체계에서의 소형기종과 대형기종 사이의 요금차는 중핵에 근거한 요금체계에서의 차이보다 아주 크게 나타난다. 이는 중핵이 가장 빈곤한 연합의 잉여를 가장 크게 한다는 평등주의에 입각해 있다는 데 그 이유가 있다. 그러나, 특이한 것은 중핵에 근거한 요금체계에서의 소형기종과 대형기종 사이의 요금차는 비용격차법에 근거한 요금체계에서의 차이보다 더 크게 나타난다는 것이다. 셋째, 비용격차법을 제외한 샤플리밸류와 중핵을 이용한 착륙료에서는 가장 큰 기종인 B747-400과 그 다음 기종인 B747의 요금차가 매우 크다. 이 두 기종의 가장 뚜렷한 차이가 경기자의 수의 차이에 있다는 것을 고려하면, 샤플리밸류와 중핵을 이용한 착륙료는 비용격차법을 이용한 착륙료보다 경기자의 수에 더 민감하다고 결론내릴 수 있다.



<그림 1> 加重值가 1:2인 경우의 實際費用과 게임理論에 根據한 費用

(단위: 백만)  
비용 10



<그림 2> 加重値가 1.3인 경우의 實際費用과 게임理論에 根據한 費用

#### 4.4. 現行 料率體系와의 比較

##### 4.4.1 引上要因을 勘案한 後の 現行 着陸料

현행 요금체계에 의해 항공기의 착륙료를 계산하면, <表 9>와 같다. 여기서 계산된 요금수준은 해당년도에 실제로 운항된 항공기의 최대이륙중량의 평균치를 기준으로 계산한 것이다.

현행 요금체계에 의한 착륙료수준이 공항비용게임에 근거한 세 가지 착륙료에 비하여 매우 낮은 것은, 현행 요금체계가 국유재산비용을 반영하고 있지 않기 때문이다. 따라서 공항비용게임의 해를 이용하여 구한 요금수준과의 비교를 시도하고, 기종간의 보조가 존재하는지를 알아보기 위해서는 현행 요금체계에 수정을 가할 필요가 있다.

먼저 공항비용게임에 근거한 요금체계는 단일 요금체계이므로, 현행 요금체계와의 비교를 위해서는 국내선과 국제선의 구분을 없앨 필요가 있다. 여기서는 국제선 요금을 기준으로 비교를 시도해 보기로 한다. 비교를 위해 국내선 요금을 국제선 요금으로 환산하여 계산하면, 1990년도의 김포공항 착륙료 총수입은 29,356,119천원이 된다. 당해년도 총비용중 착륙료에 배분된 액수가 97,983,429천원이므로 비용-수입이 균형을 이루기 위해서는 약 3.34배의 요금인상 요인이 있다고 할 수 있다 이를 감안하여 현행 착륙료 체계의 구간한계를 그대로 유지하는 상태에서 국제선 요금을 기준으로 3.34배의 요금인상을 단행한 후의 요금수준을 구해보면 다음 <表 10>과 같다.

##### 4.4.2 着陸料 策定과 相互補助

인상요인을 감안하여 수정된 현행 요금체계를 가지고 공항비용게임에 근거한 기종별 배

<表 9> 現行 料率體系에 의한 機種別 着陸料

(단위 천원)

기종	착륙료		기종	착륙료	
	국내선	국제선		국내선	국제선
F28	14.636	84.992	A300	95.149	578.399
B737-500	26.310	145.453	B767-300	91.926	551.217
B737	33.860	192.143	DC8	94.657	568.103
MD82	35.987	205.295	L1011	128.825	779.389
B727	44.203	256.102	DC10	148.206	899.246
A310	82.785	494.688	B747	218.773	1,335.625
B767	84.332	504.253	B747-400	240.294	1,468.704

註: 환율은 1990년말 기준 1\$당 725.2원

MTOW는 1990년에 운항된 각 항공기의 평균치임.

〈表 10〉 引上要因을 勘案한 後の 料金體系

(단위 천원)

기 종	착륙료	기 종	착륙료
F28	283.873	A300	1,931.853
B737-500	405.813	B767-300	1,841.265
B737	641.758	DC8	1,897.464
MD82	685.685	L1011	2,603.159
B727	855.380	DC10	3,003.482
A310	1,652.258	B747	4,460.988
B767	1,684.205	B747-400	4,905.471

본액과 비교해 보면 기종간의 相互補助문제에 대한 시사점을 얻을 수 있다. 〈그림 1〉과 〈그림 2〉를 보면, 어떤 공항비용게임에 근거한 요금에 대해서도 공통적으로 소형기종은 상대적으로 더 큰 이득을 보고 있다. 소형기종이 현행 요금체계에 의하여 이득을 보게 되는 이유로는 현행 요금체계가 최대이륙중량만을 착륙료 설정의 기준으로 삼고 있다는 점을 들 수 있다. 소형기종과 대형기종을 비교해 볼 때 두 기종 사이의 최대이륙중량의 차이는 비교적 크게 나타나는 데 반하여, 필요이륙거리는 그 차이가 그렇게 크게 나타나지 않는다. 따라서 최대이륙중량만을 착륙료 설정의 기준으로 삼는 현행 요금체계 하에서는 소형기종의 비용공헌도가 과소평가되는 경향이 존재한다. 그러나 본 논문에서는 공헌지수를 설정함에 있어서 기종별 필요이륙거리를 명시적으로 고려하고, 최대이륙중량보다는 필요이륙거리에 더 큰 가중치를 두고 분석을 수행했기 때문에 이러한 결과가 나타난다고 할 수 있다.

비용격차에 근거한 착륙료체계와 현행 요금체계를 비교해 보면, 중형 기종들과 대형 기종들은 현행 요금체계에 의해서 손해를 보고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 비용격차에 근거한 요금체계에 의하면 현행 요금체계는 중형과 대형 기종들이 소형기종을 보조하고 있는 것으로 결론지을 수 있다. 샵리밸류에 근거한 착륙료체계에 의하면, 가장 큰 기종인 B747-400을 제외하고는 중형 기종들과 대형 기종들은 현행 요금체계에 의해서 손해를 보고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 중형과 대형 기종들이 소형기종이나 최대기종을 보조하고 있는 것으로 결론지을 수 있다. 중핵에 근거한 착륙료체계를 사용할 경우, 최대형기종의 이익은 그 크기가 샵리밸류에 근거한 착륙료 체계의 경우보다 더 적은 것으로 나타나고 있다. 반면에 소형기종은 상대적으로 더 큰 이득을 보고 있다고 할 수 있다.

중형 기종들이 현행 요금체계에 의해 손해를 보게 되는 이유로는 현행 요금체계의 구간

이 전반적인 기종의 크기에 비하여 너무 낮게 설정되었고, 구간의 수 또한 너무 적게 세분화되어 있다는 점을 들 수 있다. 구간을 설정하고 각 구간에 다른 요율을 적용하는 이유는 항공기의 규모가 커질수록 비용에 공헌하는 정도가 소형기종에 비해 상대적으로 더 크다고 생각되므로 더 높은 요율을 적용하는 것이 타당하다는 것이다. 그런데 그 구간이 너무 낮게 책정되어 있고, 세분화되어 있지도 않아 대부분의 기종이 가장 높은 요율을 적용받는 구간에 속하게 될 가능성이 크게 나타난다. 따라서 중간크기의 기종도 가장 높은 요율을 적용받는 경우가 많아지게 된다.

샤플리밸류나 중핵에 근거한 착륙료 체계 모두에서 최대 기종인 B747-400에 대한 비용 배분액이 현행 요금체계에서보다 더 크게 나타나고 있는데, 이는 실질적으로 최대이륙중량이나 필요이륙거리 면에서 가장 크게 나타나 비용에 공헌하는 정도가 큰 탓도 있지만, 그 운항회수가 많지 않다는 데에도 그 원인이 있다고 할 수 있다. 현행 요금체계는 운항회수를 전혀 고려하지 않고 있으므로 현행 요금체계에서 상대적으로 이득을 보고 있는 것으로 나타나게 되는 것이다. 실제로 B747-400의 경우 B747에 비하여 최대이륙중량이나 필요이륙거리 면에서 그렇게 현격한 차이를 보이지는 않지만, 운항회수는 662회에 지나지 않아 B747의 10,461회에 비하여 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 운항회수를 고려하는 샤플리밸류나 중핵의 개념에 근거하여 착륙료를 설정하게 되면, B747-400기종에 대한 비용 배분액은 크게 증가하게 된다.

#### 4.4.3 相對的 加重偏差를 利用한 諸般 着陸料간의 差異 測定

앞에서 보듯이 현행 착륙료와 공항비용게임에 근거한 착륙료는 동일하지 않은 것이 일반적이다. 더우기, 세 가지 공항비용게임에 근거한 착륙료 사이에도 서로 많은 차이점이 있다. 이러한 경우, 각 요율간의 차이의 정도를 알아보는 것이 이론적으로나 실제적으로 매우 중요하다. 그러나 그 차이를 측정하는 데는 심각한 문제점이 있는데, 그것은 하나의 비용배분문제에 각 경기자가 속한 유형의 수가 많다는 것이다. 실증 분석의 예에서 보면 14가지의 다른 종류가 있다. 이러한 경우 가능하다면, 단순한 하나의 숫자로 각 요율 사이의 차이를 나타내주는 것이 바람직하다. 그래서 통계적 개념인 分散을 이용하여 그 차이를 표현하는 방법을 제안하고자 한다.

그러나 통계에서 자주 쓰이는 단순한 분산을 여기에서 사용하기에는 두 가지 문제점이 있다. 첫째, 단순한 분산은 각 관찰점이 平均을 중심으로 얼마나 分布되어 있는가를 측정한다. 평균이란 각 유형에 대해 항상 같은 값을 가진다. 그러나 여기에서는 두 개의 변화하는 관찰점의 차이를 서로 비교하기 때문에 절대적인 분포의 정도보다 상대적인 분포의

정도를 측정해야 한다. 둘째, 단순 분산의 경우 각 관찰점에 주어지는 가중치가 항상 같다 그러나 여기서는 각 유형에 다수의 경기자가 속해 있으므로 가중치를 각 유형의 경기자의 수를 고려하여 서로 다른 값으로 주어야 한다. 이 두 가지 점을 고려하여 相對的 加重偏差(relative weighted standard deviation: RWS D)를 제안하고자 한다.

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

여기서  $c_i$ 는 기준이 되는 요율이고,  $a_i$ 는 비교하고자 하는 요율이다. 그리고  $[(a_i - c_i)/c_i]^2$ 는  $i$ 유형의 상대적 분포를 측정하고, 이 분포도에  $n_i$ 라는 가중치를 줌으로써 위의 두 가지 문제점을 해결하고 있다.

상대적 가중편차를 이용하여 현행 요율이 어떤 공항비용제임에 근거한 착륙료율에 가장 가까운가를 보면, 가중치 (1:2)의 경우, 현행 요율은 샤플리밸류에 가장 가깝다( $RWS D = 0.317$ ). 그 다음으로는 비용격차에 가깝고( $RWS D = 0.4668$ ), 중핵과 그 근사치에서 가장 먼 것으로 나타났다( $RWS D = 0.5443$ ) 가중치 (1:3)의 경우에도 똑같은 결론을 얻을 수 있다.

### 5. 結 論

이 논문에서는 경제문제들 중에서 가장 오래된 것 중의 하나로 볼 수 있는 공동비용의 배분문제를 협조적 게임이론에서 소개된 해의 개념인 샤플리밸류, 중핵, 비용격차법을 이용하여 분석해 보았다. 더 나아가서, 공항 이착륙시설의 비용배분문제를 공항비용제임으로 모형화한 후 1990년 김포공항의 비용-수익자료를 사용하여 김포공항의 요율체계에 대한 실증분석을 하여 보았다.

이러한 실증분석을 통해서 현행 요금체계 하에서는 소형기종이 중형과 대형 기종으로보터 보조를 받고 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 이는, 중간크기의 기종들은 부담해야 하는 비용 이상으로 비용을 부담하고 있으므로, 공정하지 못하다고 할 수 있다.

따라서 비용-수익의 균형을 맞추기 위한 단순한 요금인상뿐만 아니라 각 기종별로 상호



보조를 완화시킬 수 있도록 요금체계에 수정을 가할 필요가 있다는 정책적 시사점을 얻을 수 있다. 현행 요금체계를 그대로 유지하는 상태에서 일괄적으로 착륙료를 인상하는 방법은 비용보조의 문제는 해결할 수 있지만, 그 경우에도 상호보조의 문제는 여전히 남게 된다. 그러므로 공정하고 효율적인 착륙료율 체계는 이착륙시설에 대한 각 유형 항공기의 수요를 예측하고, 각 기종의 비용공헌도를 정확히 측정함에 의해서 가능하게 될 것이다.

현행 요금체계에 공정성을 회복하도록 하는 방안을 생각해 보면, 먼저 착륙료율의 산정에 있어서 각 기종별 필요이륙거리를 명시적인 기준으로 도입하는 것을 들 수 있다. 앞서서도 살펴 보았듯이 이착륙시설의 규모를 결정하는 데는 필요이륙거리가 중요한 요인으로 작용하고 있으므로 비용에도 결정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 현행과 같이 최대이륙중량만을 착륙료율 산정의 유일한 기준으로 삼으려고 할 경우에는 기본요금을 인상하고 구간을 세분화하는 노력이 필요하며 각 기종별로 이착륙시설을 이용하는 빈도 역시 고려의 대상으로 삼아야 한다는 정책적 시사점을 얻을 수 있다.

이 논문에서 보여준 가장 흥미로운 사실 중의 하나는, 효율성과 공정성을 만족하는 비용배분방법을 모색한다는 공통의 목적에서 출발한 세 가지의 비용배분방법들이 전혀 다른 행태를 보인다는 것이다. 특히, 세 가지 방법들이 자본비용의 구조와 각 유형의 경기자수의 구조에 대해 상이한 행태를 보인다는 것이다. 비용배분게임의 이론적 연구를 위해, 그리고 어떠한 방법을 공항 착륙료체제로 선택해야 하는가의 기준을 설정하기 위해서도 세 가지 방법들이 비용함수의 구조와 각 유형의 경기자수의 구조에 대해 어떠한 행태를 보일 것인가를 연구하는 것이 바람직할 것이다. 구체적으로, 비용함수의 구조와 각 유형의 경기자수의 구조의 변화에 따라 세 가지 비용배분방법들이 어떻게 변화하는가를 살펴보는 일종의 비교정학연구가 필요하다고 하겠다.

仁荷大學校 經商大學 經濟通商學部

402-751 인천광역시 남구 용현동

전화: (032) 860-7783

팩시: (032) 863-8717

한국 장기신용은행 정보혁신실

150-757 서울특별시 영등포구 여의도동 15-22

전화: (02) 3779-8286

팩시: (02) 3779-8299

서울大學校 經濟學部 副教授

151-742 서울특별시 관악구 신림동 산56-1

전화 (02) 880-6382

팩시 (02) 888-4454

### 參 考 文 獻

교통개발연구원(1991) 『항공시설사용료 징수제도 개선방안 연구』.

전영섭(1991)· “샤플리밸류를 이용한 비용배분의 공정성.” 『경제논집』 **30. 2**, 서울대학교  
경제연구소

항공시설관리규칙, 교통부령 제922호(1990).

Jane's Information Group: *Jane's All the World Aircraft*, Mark Lambert (ed.), each year.

Kim, J. (1990): “Theory and Practice of Cost Allocation in Korea.” *Essays on Tax Reform and Cost Allocation*, Part 2, Ph. D. Thesis, Vanderbilt University.

Kopelowitz, A. (1967): “Computation of the Kernels of Simple Games and the Nucleolus of N-Person Games,” *Publication RM-31*, Department of mathematics, Hebrew University, Jerusalem.

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.

\_\_\_\_\_ (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.

\_\_\_\_\_ (1971): "Cores of Convex Games," *International Journal of Game Theory*, **1**, pp. 11-20.

Shubik, M. (1962): "Incentives, Decentralized Control, the Assignment of Joint Costs and Internal Pricing," *Management Science*, **8**, pp. 325-343.

Tijs, S.H., and T.S.H. Drissen (1986): "Game Theory and Cost Allocation Problems," *Management Science*, **32. 8**.

Young, H.P., N. Okada, and N. Hashimoto (1982): "Cost Allocation in Water Resource Development," *Water Resource Research*, **18**, pp. 463-475.

Young, H.P. (1985a): "Monotonic Solution of Cooperative Games," *International Journal of Game Theory*, **14**, pp. 65-72.

Young, H.P. (ed.) (1985b): *Cost Allocation: Methods, Principles, Applications*, Amsterdam/New York/Oxford, North Holland.