論文

항공운송산업의 비용분석을 통한 규모의 경제성 추정

- 초월대수(Translog)비용함수와 푸리에(Fourier)신축비용함수 비교 분석을 중심으로 -

이영수*, 김제철**, 허석민***, 이동희***

Economies of Scale in Multiproduct Firms: Evidence from Air Transport Industry

Young Soo Lee*, Je Chul Kim**, Seok Min Huh***, Dong Hui Lee***

ABSTRACT

This study analyzes the expense structure of the air transport industry, based on the cost and income data of 18 major airlines, estimates the economic effectiveness of scale and conducts comparative analysis. As for the method of analysis, Translog cost function and the Fourier flexible cost function were used. The result showed that big companies had the economy of scale based on the Translog cost function, while the Fourier flexible cost function led to a estimation that expanding the input is not recommended, for the expansion of scale entails the poor economy of scale. It can be presumed that the economy of scale was estimated according to the U shape of the Translog cost function in the given data. On the other hand, the Fourier flexible cost function approaches the unknown function, as it is a Fourier series, and correctly infers the economy of scale based on the analyzed data. As for the flag carrier's economy of scale, it was inferred that the economy of scale existed by any of two functions. Therefore, the conclusion was that further expanding the scale will not cause any problem.

Key Words : Air Transport Industry(항공운송산업), Translog Cost Function(초월대수비용함수), Fourier Flexible Function(푸리에신축비용함수)

Ⅰ. 서 론

세계 항공운송산업은 자유화와 개방화가 점차 가속화되고, 시장참여가 보다 용이해짐에 따라 국경을 초월한 항공사간 경쟁이 치열하게 전개되고 있다. 이에 따른 가격 인하와 공급량의 증대로 이용객들의 편익은 증대되었으나, 항공사들의 수익성은 악화되고 있다.

이러한 변화 속에 21세기는 시작과 함께 2000년 항공유가의 폭등, 2001년 9·11 항공기 테러 사건, 2003년 사스(SARS), 2004년 동남아지역의 조류독감, 2005년 항공유가의 지속적 상승세 유지 등 일련의 사태로 인하여 세계 항공운송업계를 최악의 상황으로 내몰고 있다.

국내 항공운송산업도 2001년 고속도로 및 2004년 4월 고속철도의 개통에 따른 항공수요 격감 등으로 인하여 새로운 전환기를 맞이하고 있으며, 이에 따른 항공사들의 비용절감 등 구조조정은 더욱 절실히 요구되고 있다.

이러한 국내·외 항공운송산업의 환경변화에 따른 투입물의 효율적 이용과 비용 절감은 항공

2006년 11월 28일 접수 ~ 2006년 12월 19일 심사완료
* 정회원, 한국항공대학교 경영학과
연락저자, E-mail : yslee@hau.ac.kr
경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1
** 정회원, 한국교통연구원 항공교통연구실
연구위원, E-mail : jckim@koti.re.kr
*** 한국항공대학교 일반대학원 경영학과

사의 생존과 직결되는 현안 사안이 되고 있다. 더구나 주변 국가인 중국과 일본은 자국 항공운송사업자의 경쟁력을 높이고 통합 항공운송시장 구축에 대비하기 위해 2000년 이후 항공운송산업 규제완화를 단행함으로써 자국 내 항공운송산업 체질 강화를 위한 제도적 대비를 갖추고 있다.

우리나라도 양 국적항공사의 지속적 성장을 위한 경쟁력 제고와 함께 신규 시장참여 항공사들의 구조적 성장을 통한 산업의 구조적 발전이 시급한 실정이다. 이에 따라 본 연구는 항공사의 규모의 경제성을 도출하여 비용구조를 분석함으로써 우리나라 항공운송산업의 비용효율성을 극대화할 수 있는 방안을 모색해 보고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 18개 세계 주요 항공사들을 대상으로 항공운송산업의 비용구조를 분석한 후,[1] 이를 토대로 우리나라 항공운송사업자들의 적정 규모를 도출하였다. 분석방법은 초월대수(Translog)비용함수와 푸리에(Fourier)신축비용함수를 이용하였으며, 이를 토대로 규모의 경제성에 대한 적절성을 비교 검토하였다.

II. 기존 선행연구 및 분석 자료의 구축

2.1 기존 선행연구

그동안 실증분석에서는 2차 테일러 전개를 통해 특정한 점에서 원래의 함수에 근접하도록 선형화한 초월대수함수(Translog function) 형태의 비용함수가 널리 활용되었다. 그러나 초월대수함수는 지속적인 인기에도 불구하고 다음과 같은 몇 가지 제약요인이 지적되고 있다.

첫째, 초월대수함수 형태는 기초점(주로 평균)에 대한 국지적 근사방식으로, 미지의 함수 전제(global approximation), 특히 생산물의 규모나 구성에서 평균과 많이 차이가 나는 구간을 추정하는데 적합한 방식이라 할 수 없다.

둘째, 초월대수함수 형태는 기본적으로 좌우가 대칭인 U-형태이므로 대형사나 소형사의 비효율성이 중심에 위치한 평균적 회사들에 비해 잘못 계산될 가능성이 높다. 예를 들어 비용함수 형태가 실제적으로 L-형에 유사하다면 대형 항공사의 비용효율성은 실제보다 과다 계산된다.[2] 많은 기존 연구들에서 중형 항공사들이 비교적 효율적이라는 결과에 도달하고 있는 것은 사실에 기초하기 보다는 초월대수함수를 선택하여 추정한 결과로 해석될 수도 있다.

이러한 초월대수함수의 문제점을 극복할 수 있는 함수형태로서 푸리에신축함수가 Gallant(1981, 1982)에 의해 제안된 후, 점차적으로 초월대수함수 형태를 대체하고 있는 실정이다.

푸리에신축함수(Fourier flexible function)는 2차 다항식과 푸리에계열(Fourier series)을 혼합한 함수형태로서 자료의 전 구간에서 비용함수의 이론적 형태를 만족하는 함수이다. 푸리에계열은 삼각함수들을 선형형태로 결합함으로써 이론적으로 임의의 함수를 정확하게 근사할 수 있는 특성을 가지고 있다. 또한 푸리에신축함수는 함수형태를 사전적으로 정의하는 것이 아니라 관측자료에 의해 함수형태가 결정되는 반 비모수추정방식(semi-nonparametric estimation method)이라고 할 수 있다. 이러한 반 비모수추정방식은 함수의 형태를 임의로 가정함으로써 발생할 수 있는 모형 설정오류(specification error)문제를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

푸리에신축함수가 푸리에계열로 알려진 코사인(cosine)과 사인(sine)의 선형결합이 다변량 함수를 정확하게 근사시킬 수 있다는 사실은 이미 선험적 연구결과에 의해 잘 정립되어 있다. 이러한 사실로부터 푸리에계열로 미지의 함수를 정확하게 근사시키기 위해서는 푸리에계열이 코사인과 사인의 선형결합을 나타내는 무한개수의 삼각함수 항을 갖는 것이 바람직하다.

Gallant(1981)는 미지의 함수를 푸리에계열로 표기하는 경우, 설명변수 벡터의 2차 다항식을 포함할 때보다 적은 삼각함수 항으로 함수를 효율적으로 추정할 수 있음을 밝히고, 이러한 2차 다항식과 제한된 수의 푸리에계열을 결합한 함수형태를 푸리에신축비용함수로 명명하였다. Gallant(1981)는 푸리에신축비용함수에 대한 추정의 효율성을 높이기 위해 설명변수 벡터의 2차

1) 산출물 구조 및 운항구조가 다양한 대형 및 소형 항공사들, 즉 국내선 여객비율이 높은 항공사 또는 국제선 여객 위주의 항공사, 여객과 화물을 다양하게 생산하는 항공사 등을 포함시킴으로써 다양한 산출구조 하에서 특징적인 비용구조가 존재하는지 여부를 살펴볼 수 있다. 다양한 항공사들로부터 하나의 비용함수를 추정하는 문제와 관련해서 이분산성의 문제가 발생할 수 있으나 항공운송산업은 타 산업과는 달리 국제적인 교통수단이기 때문에 국가가 다르다고 하더라도 국제선을 운항하는 항공사들 간 비용구조의 차이가 아주 크지는 않을 것으로 판단된다.

2) White(1980)는 초월대수함수 형태를 최소자승법으로 추정할 경우, 그 결과는 미지의 함수에 대한 Taylor 전개와 차이가 있음을 보여주고 있다.

다항식을 2차 테일러 전개식으로 만들고 유한개의 삼각함수 항을 합하는 방식을 제안하였다.[3)]

Gallant(1981)가 제안한 추정 효율성을 고려한 푸리에신축비용함수는 초월대수비용함수의 형태와 유한개의 삼각함수 항의 결합으로 정형화되며 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln C = u_0 + b'x + (1/2)x'Ax + \sum_{h=1}^{H}[u_h \cos(k_k'x) - v_h \sin(k_h'x)] + \epsilon$$

여기서, $\ln C$는 총비용의 로그값, u_0는 상수항, b는 투입물가격과 산출물 벡터에 대한 회귀계수 벡터, x는 투입물가격과 산출물 벡터, A는 2차 테일러 전개항의 회귀계수 행렬, (u_h, v_h)는 삼각함수 항의 회귀계수, k_k는 연구자에 의하여 선택되는 정수벡터, ϵ는 오차항에 해당된다.

푸리에신축비용함수의 실제 추정에 있어서는 초월대수비용함수 부분에 적용되는 변수들의 크기를 조정하는 가의 여부, 삼각함수 항에 투입물가격과 산출물을 모두 포함하는 가의 여부, H와 k_k의 선택 여부에 따라 함수형태가 달리 설정될 수 있다.

푸리에신축비용함수를 이용한 연구 중에서 Michell and Onvural(1996)은 초월대수비용함수 부분과 삼각함수 항에 포함된 독립변수벡터 x는 최소값이 0보다 크고, 최대값이 2π보다 작도록 한 Gallant(1981)의 제안에 따라 $\zeta\theta'[x+\eta]$와 같이 크기가 조정된 값을 사용하였다.

한편 Berger et. al.(1997)은 비용함수를 푸리에신축비용함수로 정형화하면서 삼각함수 항에 투입물가격변수가 포함될 때 부호 조정에 의하여 인위적으로 선형 동차성 제약을 부과하는 문제점을 피하기 위해 삼각함수 항에는 산출물변수만 포함하도록 모형을 설정하였다.

2.2 분석 자료의 구축

본 연구에서는 선행연구 분석을 기반으로 투입물로 노동, 유류, 자본, 재료 등 네 가지를 설정하였다. 네 가지 투입요소가격은 요소에 대한 지출자료, 즉 요소비용을 투입량으로 나눔으로써 산정할 수 있고, 각 요소의 비용항목 및 투입량은 <Table. 2>와 같다.

<Table. 2>에서 제시된 요소비용 항목들은 국적항공사를 제외하고는 ICAO 'Financial data'의 손익계산서로부터 발췌하였다. 이는 ICAO에서 발간된 우리나라 국적항공사 자료의 경우, 분석대상 기간 중 중간연도가 누락됨에 따라 활용도가 낮았기 때문이다.[4)] 우리나라 국적항공사들의 자료는 '영업보고서', '결산보고서', '항공운송실적', '경영성과'에서 발췌하였고, 다른 국가들과 자료의 일관성을 위해 동일한 항목이 요소비용으로 집계되도록 하였다.

Table. 1 투입요소가격 도출을 위한 요소비용과 투입량의 정의

구분	요소비용	투입량
노동	급여, 제수당, 잡금, 퇴직급여, 복리후생비, 의료지원비, 급식비, 승무원 숙식비	종사자 수
유류	유류비	유효톤-km
자본	항공기의 임대비용(항공기 감가상각비, 항공기 보험료 및 손실료), 고정자산에 부과되는 이자율, 감가상각, 자본수익과 세금	항공기 대수
재료	공항비(착륙료, 시설이용료, 공항조업비), 위의 세 요소비용을 제외한 나머지 비용(정비, 여객서비스비, 영업비, 일반관리비 등)	유효톤-km

ICAO의 'Financial Data' 중 영업비용의 분류방식은 <Table. 3>과 같이 크게 운항비, 정비비, 공항비, 여객서비스비, 영업비, 일반관리비 등으로 구분되고 있다.

그러나 여기에는 비용항목마다 항공사들의 각 분야별 종사자들에 대한 인건비가 포함되어 있다. 따라서 비용함수를 추정하기 위해서는 별도로 인건비를 분리하는 작업이 반드시 선행되어야 한다.

이를 위해 ICAO의 'Fleet & Personnel'에 제시된 분야별 '종사자 수와 인건비' 자료를 활용하였다.

구체적인 분리과정은 다음과 같다. 먼저 운항비, 정비비, 공항비, 여객서비스비, 영업비, 일반관리비는 운항비를 제외하고는 모두 재료비 항목

3) 이때 설명변수와 종속변수가 자연대수로 표현되는 경우에 2차 다항식은 바로 초월대수비용함수를 의미하므로 추정결과를 이용하여 푸리에신축비용함수와 초월대수비용함수 간의 모형 적합성 검정이 용이하게 이루어질 수 있다.

4) ICAO가 항공사들의 자료를 수집하는데 있어 강제성과 구속력을 띠지 않기 때문에 항공사는 사정에 따라 기초자료를 ICAO에 통보하지 않을 경우 자료가 누락될 수 있다. 예를 들면 KAL은 1991, 1992, 1993년 자료가 누락되어 있고, AAR도 1991, 1992, 1997년 자료가 누락되어 있다.

Table. 2 ICAO의 비용항목 분류내용

구분		ICAO 항목기준
운항비	운항승무원 인건비	-급여, 수당, 퇴직연금, 보험료, 여비 등 제경비
	연료비	-연료 및 윤활유비(세금 포함)
	항공기보험료 및 손실료	-운항중 또는 대기중인 항공기의 사고에 대비한 보험(부보) -항공기 운항에 의해 발생되는 책임에 대한 제 비용(비부보)
	항공기 임대료	-여객관련 보험료는 '여객서비스비'에 포함 -리스와 차터에 의한 항공기, 승무원의 임대비용 -다른 항공사의 스페이스 임대료도 포함
	운항승무원 훈련비	-승무원 훈련에 관련된 비용
	기타 운항비	-상기 4가지 이외에 운항 또는 대기중인 항공기로 인하여 발생되는 제 비용
정비비 및 수리비		-정비 인건비와 관련한 제 비용 -엔진, 부품 및 기기 유지비용 -정비 및 수리비용과 감항증명을 위한 비용
감가상각 및 부채상환	항공기 감가상각	-항공기, 부품, 장비 등 일반적인 감가상각비
	지상장비 및 자산감가상각	-지상기지 및 장비 등 감가상각
	특별상각	-감가상각을 완료한 자산에 대한 상각비
	개발 및 운영전 비용상환	-개발비, 개업비 및 기타 무형자산의 상각비
	운항승무원 훈련비	-해당 운항승무원 훈련비
공항비	착륙료	-착륙료, 공항시설사용료, 주기료 등
	항행안전시설 이용료	-항행안전시설 이용에 따른 비용
	공항 관련비용	-공항서비스 제공과 관련된 인건비, 수당 등 제 비용 -항공기 및 수하물처리 비용
여객서비스비		-객실승무원 및 여객서비스요원 인건비, 수당 연금, 보험료 -기내식 및 기타 여객서비스 관련비용
영업비(판매비)		-예약, 발권, 판매촉진을 위한 인건비 -대리점 수수료, 광고선전비 등
일반관리비		-항공사의 총무, 관리업무에 따른 제 비용
기타운영비		-기타비용

*자료: ICAO, Financial Data, 2004.

에 포함되어 있기 때문에 결국 재료비에서 노동비 항목을 제외시키는 것이 관건이다. 다행히 운항비의 운항승무원 인건비는 항목이 분리되어 있어 'Fleet & Personnel'에 제시된 인건비에서 운항승무원 인건비를 제외한 인건비를 재료비에 포함된 인건비로 간주하고 재료비에서 이를 제외하였다.

즉 노동비용은 ICAO의 'Fleet & Personnel'에 제시된 인건비를 사용하였으며, 유류비는 <Table. 4>에서 연료비 항목을, 자본비는 항공기 보험료 및 손실료, 항공기 임대료, 항공기 감가상각, 지상장비 및 자산감가상각, 특별상각, 개발 및 운영 전 비용상환 항목을, 마지막으로 재료비는 위의 전체 항목에서 유류와 자본항목을 제외한 항목에서 'Fleet & Personnel'에 제시된 인건비 - 운항승무원 인건비 항목을 제외한 값을 사용하였다.

본 연구의 요소비용 산정방식을 정리하면 다음과 같다. 먼저 노동비용은 조종사, 운항, 객실, 정비, 발권, 행정직원의 임금과 복리후생비를 합산하여 구하였으며, 자본비용은 항공기 임대, 보험, 감가상각 및 지상설비 감가상각을 합산하여 구하였다. 마지막으로 재료비용은 손익계산서 상의 전체 비용에서 노동, 유류, 자본비용을 제외한 비용으로 도출되었으며, 구체적인 항목은 공항시설사용료, 착륙료, 항행안전시설사용료, 일반관리비, 정비직원 인건비를 제외한 정비비, 기타 운항비 등으로 구성되어 있다. 이처럼 도출된 요소비용은 자국의 통화가 아닌 미국 달러로 집계되었기 때문에, 미국의 GDP 디플레이터를 이용해 2002년 불변가격으로 환산하였다. 업체별 요소비용비중, 즉 요소점유율은 각 요소비용을 총비용으로 나누어 산정하였다.

산출량 지표로는 ICAO의 'Traffic'에 제시된 국내선유상여객-km, 국제선유상여객-km 및 유상화물톤-km 등 세 가지를 사용하였고, 이들을 각 산출물별 산출량의 평균값으로 나누어 정규화한 지수 자료를 사용해 비용함수를 추정하였다.

네 가지 생산요소 가격은 2002년 불변가격으로 환산된 요소비용을 투입량으로 나누어 각각 산정하였으며, 이들을 각 투입요소가격의 평균값으로 나누어 정규화한 지수 자료를 사용해 비용함수를 추정하였다. 노동, 유류, 재료 및 자본 요소의 투입량으로 조종사, 운항, 객실, 정비, 발권, 행정직원 등의 종사자 수, 유효톤-km, 항공기 대수를 각각 사용하였다.[5]

5) 자본 투입요소와 투입량 기준을 항공기 대수로 할 경우, 항공사의 경영방침에 따라 리스나 구매일 경우의 투입량 기준에 대한 비중이 달라 질 수 있다. 그러나 항공사 규모와 운영방식이 각기 다른 전 세계 18개 항공사를 대상으로 단일 비용함수를 도출했기 때문에 이러한 운영방식의 차이점에서 오는 부문을 어느 정도 수용하고 있다고 볼 수 있다.

한편 본 연구에서는 조정변수로 '중량이용률(Load Factor)'과 '평균운항거리(average stage length)'를 포함시켰으며, 네트워크변수로 '네트워크 길이'를 포함시켰다. 중량이용률은 ICAO의 'Traffic'에 제시된 여객과 화물을 합한 유상톤-km를 유효톤-km로 나누어 도출하였고, 평균운항거리는 ICAO의 'Traffic'에 제시된 항공기운항-km를 운항횟수로 나누어 도출하였다.

네트워크 길이는 IATA의 'World Air Transport Statistics'에 제시된 정기 노선 네트워크 길이(Length of Scheduled Route Network)를 집계·정리하였다. 그러나 국적사의 경우는 네트워크 길이가 IATA의 'World Air Transport Statistics'에 제시되지 않은 관계로 양 사에서 발간하는 'Morning Calm'과 'Asiana Culture'에 수록된 '운항노선' 정보를 연도별로 수집하여 구축하였다. 본 연구의 비용함수에 포함된 투입요소가격과 산출물, 속성변수 및 네트워크 변수들의 출처를 정리하면 <Table. 3>와 같다.

Table. 3 비용함수 모형에 포함된 변수들의 출처

구분	변수	출처
투입요소	노동	ICAO 'Financial data', 'Fleet&Personnel'
	유류	ICAO 'Financial data', 'Traffic'
	자본	ICAO 'Financial data', 'Fleet&Personnel'
	재료	ICAO 'Financial data', 'Traffic'
산출물	국내, 국제유상여객-km	ICAO 'Traffic'
	화물유상톤-km	ICAO 'Traffic'
조정변수	평균운항거리	ICAO 'Traffic'
	중량이용률	ICAO 'Traffic'
네트워크	네트워크 길이	IATA 'World Air Transport Statistics'
		KAL 'Morning Calm' AAR 'Asiana Culture'

이러한 과정을 거쳐 본 연구에서 산정된 변수의 2002년 기준 최대값, 최소값 및 평균을 정리하면, <Table. 4>와 같다.

세 가지 산출량을 합한 총산출량과 총보유대수 측면에서 표본에 포함된 항공사들의 규모를 살펴보면, <Table. 4>와 같이 가장 규모가 큰 업체는 198,442,055 유상여객톤-km와 843대인 반면, 가장 규모가 작은 업체는 2,631,823 유상여객-톤-km와

Table. 4 자료의 특성(2002년 기준)

구 분		최대값	최소값	평균
총비용(천$)		20,125,981	228,431	10,177,206
투입요소가격	노동(천$/인 · 년)	100.32	10.98	49.89
	유류 (천$/유효톤-km · 년)	0.09	0.04	0.06
	재료 (천$/유효톤-km · 년)	0.38	0.10	0.27
	자본 (천$/대 · 년)	11,175.19	1,965.29	4735.92
산출량	국내선유상여객-km(천)	137,268,202	0	26,936,724
	국제선유상여객-km(천)	94,745,529	2,627,990	30,723,741
	화물유상톤-km(천)	4,721,854	3,833	1,608,018
총산출량(유상여객톤-km)		198,442,055	2,631,823	59,268,483
총보유대수(대)		843	12	207
요소비용비중	노동	0.29	0.09	0.13
	유류	0.17	0.09	0.16
	재료	0.59	0.38	0.50
	자본	0.26	0.10	0.16

12대로 그 차이가 상당히 큰 것으로 나타났다.

한편, 산출물별 비중은 평균적으로 국내선은 45.3%, 국제선은 51.8%, 화물은 2.9%로서 주로 화물보다는 여객운송에 주력하고 있는 것으로 나타났다. 또한 투입요소가격을 살펴보면, 노동에 비해 상대적으로 국제적인 요소시장에 의해 좌우되는 유류, 재료, 자본요소의 가격 차이가 노동에 비해 작은 것으로 나타났다. 이는 노동요소의 가격이 항공사간 비용효율성에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

마지막으로 요소비용 비중은 평균적으로 재료가 가장 높은 것으로 나타나 간접비 항목이 원가에서 차지하는 비중이 낮지 않음을 알 수 있다. 일반적으로 항공사의 총비용 중 직접비가 55-60%이고 간접비가 40-45%이며, 간접비와 직접비의 일부가 재료비임을 감안하면 본 연구에서 구축된 자료 및 요소비중은 적절한 것으로 판단된다. 간접비에는 CRS와 대리점, 네트워크의 정비, 광고 등의 비용이 포함되며 산출량이 증가할수록 간접비의 단위비용 감소가 예상된다.

III. 추정 모형의 설정

본 연구에서는 항공운송산업의 규모의 경제를 분석하기 위해서 Stochastic Frontier 비용함수를

사용하였다. 이 접근방법은 Stochastic Frontier 비용함수 추정에서 잔차 항을 비효율성과 잔차변동으로 나누어 추정하는 방법을 말한다. 비효율성과 잔차변동을 구분하기 위해서는 우선, 비효율성 부분은 양(+)의 값을 갖는 비대칭적 반 정규분포(asymmetric half normal distribution)를 가정한다. 또한, 잔차 항에서 잔차변동 부분은 대칭적인 정규분포(normal distribution)를 가정한다. 그 이유는 비효율성은 비용의 증가를 가져오지만, 잔차변동은 비용을 증가 혹은 감소시키기 때문이다. Stochastic Frontier 비용함수는 다음과 나타낼 수 있다.

$$C = C(P,Q) + \epsilon \qquad (1)$$

식(1)에서 C는 총비용을 나타내며, P는 투입물가격 벡터, Q는 산출물 벡터를 나타낸다. 항공운송산업은 외적 요인에 의해 영향을 받는 변수(X)를 비용함수에 포함시켜 분석하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 중량이용률과 평균운항거리를 모형에 포함시켜 항공운송산업의 규모의 경제를 분석하였다.

$$C = g(P, Q, X) + \epsilon \qquad (2)$$

항공사들의 비용함수 추정모형은 Aigner, Lovell & Schmidt(1977)등이 패널자료를 이용해 초기 SFA모델에 적용한 것을 Battese & Coelli(1992)가 개선한 방법을 이용하였다. Aigner, Lovell & Schmidt(1977)에 따르면 잔차항은 $\epsilon=(u+v)$로 구성되는데, u와 v는 서로 다른 확률분포를 가진다.

u는 비대칭적인 반 정규분포로 비효율성을 반영하는 것으로, 비효율성 부분은 양(+)의 값을 갖는 비대칭적 반 정규분포를 가정한다. 그 이유는 비효율성이 생산프론티어 상에서는 생산을 감소시키고, 비용프론티어 상에서는 비용을 증가시키기 때문이다. 즉, $u_i \sim {}^{iid}N^{+}(\mu,\sigma_u^2)$이다. 한편, v는 통계적 오차를 반영하는 것으로 평균이 '0'이고, 분산은 σ^2인 대칭적인 정규분포(normal distribution)를 가정한다. 즉, $v_i \sim {}^{iid}N(0,\sigma_v^2)$이다.

우선, Jondrow et al.(1982)에 의해서 제안된 비효율성과 통계적 오차로 구성된 잔차 항의 조건하에서 비효율성의 확률분포를 이용하여 추정할 수 있다. 따라서, 반 정규분포의 조건부 확률분포의 평균은 식 (1)과 같다. 여기서 F와 f는 각각 표준정규분포와 표준정규확률밀도함수를 의미한다.

$$E(u_i|\epsilon_i) = \frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2}\left[\frac{f(\epsilon_i\lambda/\sigma)}{1-F(\epsilon_i\lambda/\sigma)} + \left(\frac{\epsilon_i\lambda}{\sigma}\right)\right] \qquad (3)$$

푸리에신축비용함수는 비효율성을 추정하기 위해 비우도측정(MLE)을 이용하였다. 이때 비효율성 u와 순수한 통계적 오차 항인 v와 전체 잔차 항 사이에서 비효율성의 크기를 추정할 수 있다. 다시 말해, 비효율성 u의 분산과 순수한 통계적 오차 항인 v를 구하여, 비효율성의 비중을 구하지 않고, 비효율성 분산과 잔차변동의 분산 비율로 비효율성의 상대적 크기를 추정하였다.[6] 이때 비효율성의 상대적 크기는 $\lambda=\sigma_u/\sigma_v$ 로 나타낼 수 있다.

푸리에신축비용함수는 항공운송산업의 비효율성과 잔차변동을 구분하여 추정하는데 사용하였으며, 아울러 규모의 경제와 밀도의 경제에 이용되었다. 푸리에신축비용함수를 추정하기 위해서는 투입물과 산출물을 포함하고 있는 식 (2)를 전환하여 식 (4)를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
\ln TC = {} & \alpha_0 + \sum_{i=1}^{3}\alpha_i \ln Q_i + \sum_{i=1}^{3}\beta_i \ln P_i + \tau_1 \ln X \\
& + \frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\delta_{ij}\ln Q_i \ln Q_j \right. \\
& \left. + \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\gamma_{ij}\ln P_i \ln P_j + \phi_1 \ln X \ln X\right] \\
& + \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\rho_{ij}\ln P_i \ln Q_j + \sum_{i=1}^{3}\psi_{i1}\ln P_i \ln X \\
& + \sum_{i=1}^{3}\theta_{i1}\ln Q_j \ln X \\
& + \sum_{i=1}^{3}\left[a_i \cos(z_i) + b_i \sin(z_i)\right] \\
& + \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\left[a_{ij}\cos(z_i+z_j)\right. \\
& \left. + b_{ij}\sin(z_i+z_j)\right] + \epsilon, \qquad (4)
\end{aligned}$$

여기서 TC는 총비용이고, Q_i는 산출물, P_j는 투입물 가격을 나타내고 있으며, X는 중량이용률과 평균운항거리를 나타내는 조정변수이다. z_i는 $\ln Y_i$의 조정된 값이고, 이 변수의 간격은 $[0.9\cdot 2\pi - 0.1\cdot 2\pi]$이다.[7]

쌍대이론에서는 비용함수가 투입물가격에 대한

6) Kumbhakar & Lovell(2000), pp. 108~113.

7) 또한 푸리에신축비용함수는 삼각함수가 사용되기 때문에 독립변수인 $x=[P', Y']'$는 $0<x<2\pi$의 값을 가져야 한다.

1차동차성 약과 대칭성제약이 충족되어야 하기 때문에 다음의 제약조건이 식 (4)에 부과된다.

$$\sum_{i=1}^{3}\beta_i = 1;\ \sum_{i=1}^{3}\gamma_{ij} = 0 \text{ , 모든 j에서} \quad (5)$$
$$\sum_{i=1}^{3}\sigma_{ij} = 0;\ \sum_{i=1}^{3}\psi_{ij} = 0 \text{ , 모든 j에서}$$

또한, 식 (4)의 비용함수에서 2차 항의 추정계수는 동차성 제약을 만족한다. 즉 동차성 제약은 다음과 같다.

$$\delta_{ij} = \delta_{ji}, \gamma_{ij} = \gamma_{ji} \text{ , 모든 I, j에 대해서} \quad (6)$$

Stochastic Frontier 비용함수의 추정은 Lang & Welzel(1996)이 사용한 임의효과 패널자료 접근방법(random effects panel data approach)을 사용하였다. 임의효과모형이 고정효과모형보다 더 선호되어 사용되는데, 그 이유는 고정효과모형을 이용하여 Stochastic Frontier 비용함수를 추정하는 경우 고정효과모형에 적절한 모형 식별(specification)이 필요하기 때문이다.

또한, N이 큰 경우 고정효과 모형은 자유도의 손실을 가져오는 단점이 있다는 것을 아울러 지적하고 있다(Baltagi, 1995). 이와 함께 규모의 탄력성(SE)은 식 (4)의 비용함수를 산출물로 미분하여 비용 탄력성을 계측할 수 있다.

$$SE = \sum_{i=1}^{3}\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i}$$
$$= \sum_{i=1}^{3}\alpha_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\delta_{ij}\ln Q_j + \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\rho_{ij}\ln p_j'$$
$$+ \sum_{i=1}^{3}\theta_{i\tau}\ln x$$
$$+ \mu_i\sum_{i=1}^{3}[-a_i\sin(z_i) + b_i\cos(z_i)]$$
$$+ 2\mu_i\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}[-a_{ij}\sin(z_i+z_j)$$
$$+ b_{ij}\cos(z_i+z_j)] \quad (7)$$

$$EOS(\text{규모의 경제성}) = \frac{1}{SE} \quad (8)$$

식 (8)에서 *EOS*가 1보다 크면 규모의 경제가 있고, *EOS*가 1이면 규모의 수익불변, *EOS*가 1보다 작으면 규모의 불경제가 존재한다고 볼 수 있다. 이를 식(7)로 규모의 탄력성으로 해석하면, SE가 1보다 작으면 규모의 경제가 시현된 것이고, SE가 1이면 규모의 수익불변이고, SE가 1보다 크면 규모의 불경제가 존재하는 것으로 해석할 수 있다.

Ⅳ. 추정 결과

항공사 규모의 대, 중, 소는 '운송실적', '보유대수' 등을 고려하여 다음과 같이 구분하였다. 첫째 대형사는 AAL, DAL, NWA, BAW, COA, JAL 등이, 중형사는 USA, THA, IBE, KAL, AWE 등이, 소형사 AAR, THY, FIN 등이 포함되었다.[8)]

4.1 항공사 규모별 규모의 경제

<Table. 5>에서 보는 바와 같이, 초월대수비용함수로 추정한 결과는 항공사 규모와는 무관하게 서로 비슷한 값을 보이고 있는 것으로 나타났다. 즉, 조정변수를 포함하지 않은 경우, 대형사는 규모의 경제 값이 1.14, 중형사는 1.18. 소형사는 1.21로 추정되어 모든 항공사가 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타나, 현재 보다 항공사 규모를 확대하는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

그러나 푸리에신축비용함수로 추정한 결과는 초월대수비용함수로 추정한 결과와 크게 다르게 나타났다. 대형사는 0.98, 중형사는 1.64, 소형사는 2.00으로 추정되어 대형사의 경우, 규모의 불경제 또는 규모의 수익불변으로 나타나 현재 수준의 항공사 규모를 유지하거나 약간 축소하는 것이 더 효율적인 것으로 분석되었다. 반면, 중형사와 소형사는 현재 규모보다 더 크게 항공사 규모를 확대하는 것이 더 바람직한 것으로 추정되었다.

이러한 결과는 조정변수인 '중량이용률'이나 '평균운항거리'를 포함하여 추정한 결과와 크게 다르지 않게 나타났다. 개별적으로 '중량이용률', '평균운항거리'를 각각 감안한 경우와 그리고 '중량이용률'과 '평균운항거리'를 모두 포함한 경우, 대형사는 초월대수비용함수로 추정한 경우 규모의 경제가 존재하던 것이 푸리에신축비용함수로 추정하면 규모의 수익불변으로 나타났다. 이와 함께 중형 및 소형사는 규모의 경제 값이 초월대수비용함수로 추정한 결과보다 더 커지는 것으로

8) 항공사 규모의 구분은 '운송실적'과 '항공기 보유대수'를 약 300대 이상으로 단순하게 결정하였음. 추가적으로 다른 요인(매출액, 유효톤키로 등)을 감안하면 좀 더 명확한 구분을 할 수 있을 것이나 본 연구에서는 2가지를 기준으로 설정하였음.

나타났다.

이러한 결과를 통해 초월대수비용함수의 규모의 경제 추정결과가 대형사의 경우는 과대평가되었고, 중형사와 소형사는 과소평가되고 있는 것으로 해석할 수 있다. 이는 초월대수비용함수가 좌우 대칭인 U자 형태로 대형사나 소형사의 비효율성이 중심에 위치한 회사들보다 잘못될 가능성이 있다는 것을 확인한 것이다.

Table. 5 항공사 규모별 규모의 경제

구분	조정변수 미포함		중량이용률 포함		평균운항거리 포함		중량이용률, 평균운항거리 포함	
	TL	FF	TL	FF	TL	FF	TL	FF
대형사	1.14	0.98	1.22	1.07	1.22	1.02	1.28	1.13
중형사	1.18	1.64	1.13	1.57	1.19	1.53	1.13	1.15
소형사	1.21	2.00	1.10	1.85	1.20	2.07	1.09	1.93

주 : TL은 초월대수비용함수 추정 결과이며, FF는 푸리에신축비용함수 추정 결과임.

4.2 항공사별 규모의 경제

이를 각 항공사별로 살펴보면, <Table. 6>과 같이 대형사에 속한 항공사 가운데 규모가 상대적으로 큰 AAL, DAL, UAL은 초월대수비용함수에 의한 추정 결과, 규모의 경제가 각각 1.16, 1.21, 1.20으로 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한, 중형사인 BAW, COA, NWA, USA는 규모의 경제가 각각 1.07, 1.08, 1.08, 1.07로 추정되어 규모의 수익불변에 가까운 값을 보이고 있다. 같은 중형사 그룹이지만 ANA, KAL, THA는 추정된 규모의 경제가 각각1.35, 1.34, 1.15를 보이고 있어 규모의 경제가 크게 존재하는 것으로 나타났다. 아울러 소형사인 AAR, THY는 규모의 경제가 각각 1.35, 1.14로 나타나 중형사인 ANA, KAL, THA와 유사한 결과를 보이고 있다.

그러나 초월대수비용함수로 추정되었던 결과와는 달리 푸리에신축비용함수로 추정한 규모의 경제는 상당히 다른 결과를 가져왔다. 우선, 초월대수비용함수에서 규모의 경제가 존재하는 것으로 분석되었던 AAL, DAL, UAL은 푸리에신축비용함수로 추정한 결과, 규모의 경제는 각각 0.97, 1.04, 0.95로 규모의 수익불변을 보이고 있는 것으로 추정되었다. 또한 중형사로 초월대수비용함수에서 규모의 수익불변을 보였던 BAW, COA, NWA, USA는 푸리에신축비용함수로 추정한 결과, 규모의 경제가 1.82, 0.96, 0.92, 1.07으로 다양한 값을 보이고 있어, 초월대수비용함수 추정결과에 기초한 규모의 경제 분석에 다소 한계를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 마지막으로 소형사의 경우, 역시 초월대수비용함수의 추정결과와 푸리에신축비용함수의 추정결과는 크게 다르게 나타났다.

이러한 결과를 종합해 보면, 규모의 경제 추정에서 초월대수비용함수에 의한 대형사는 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났지만, 푸리에신축비용함수는 규모를 확대할 경우, 규모의 불경제가 발생하기 때문에 투입물을 확대하는 것은 바람직하지 않은 것으로 해석할 수 있다. 이것은 초월대수비용함수가 U자 모양을 가정하고 있기 때문에 주어진 자료에서 U자형에 맞추어져 규모의 경제가 추정되었다고 볼 수 있다. 반면, 푸리에신축비용함수는 푸리에계열로 미지의 함수를 정확하게 근사하고 있어 분석 자료에 기초한 규모의 경제를 정확하게 추정하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

4.3 국적항공사의 규모의 경제

국적항공사의 규모의 경제성은 초월대수비용함수로 추정되던, 푸리에신축비용함수로 추정되던 규모의 경제가 존재하는 것으로 추정되었다. 오히려 푸리에신축비용함수로 추정되었을 경우가 초월대수비용함수로 추정되었을 때 보다 규모이 경제가 더 크게 존재하는 것으로 나타나 현재보다 규모를 더 확대하더라도 문제가 없는 것으로 분석되었다.

이는 미국의 대형사들 즉, AAL, DAL, UAL이 초월대수비용함수 추정 시 규모의 경제가 각각 1.06, 1.21, 1.20으로 규모의 경제가 존재하였으나, 푸리에신축비용함수로 추정 시 각각 0.97, 1.04, 0.95로 나타나 규모의 수익불변과 규모의 불경제가 존재하기 때문에 항공사 규모를 확대시키지 않는 것이 오히려 바람직하다는 결과와는 차이가 있다.

이러한 국적항공사의 결과는 조정변수가 미포함(투입물과 산출물에 국한함)되던 조정변수가 포함되던 그 추이에는 큰 변화가 없으며 초월대수비용함수나 푸리에신축비용함수 간에도 큰 차이가 없었다. 다시 말해 어떠한 조건에서도 규모의 경제가 존재하므로 항공사 규모를 확대하더라도 문제가 없는 것으로 추정되었다.

Table. 6 초월대수와 푸리에신축비용함수를 이용한 규모의 경제

구 분	조정변수 미포함		중량이용률 포함		평균운항거리 포함		중량이용률, 평균운항거리 포함	
	TL	FF	TL	FF	TL	FF	TL	FF
AAL	1.16	0.97	1.25	1.09	1.25	0.98	1.32	1.12
AAR	1.35	2.23	1.18	1.98	1.32	2.31	1.16	2.01
ACA	1.04	1.08	1.03	1.15	1.09	1.05	1.07	1.10
ANA	1.13	1.04	1.17	1.14	1.21	1.15	1.23	1.27
BAW	1.07	1.82	0.99	1.10	1.10	1.81	1.01	1.05
COA	1.08	0.96	1.14	1.03	1.15	1.04	1.19	1.13
DAL	1.21	1.04	1.30	1.15	1.28	1.02	1.35	1.15
FIN	0.95	1.60	0.88	1.25	0.97	1.42	0.89	1.12
IBE	1.07	1.22	1.04	1.19	1.11	1.17	1.07	1.13
JAL	1.35	1.70	1.30	1.46	1.39	1.54	1.32	1.29
KAL	1.34	2.60	1.20	1.61	1.34	1.84	1.21	1.28
NWA	1.08	0.92	1.15	0.98	1.17	1.04	1.22	1.12
PAL	0.91	1.28	0.87	1.09	0.96	1.41	0.91	1.16
SAS	0.86	1.08	0.87	1.04	0.93	1.14	0.92	1.09
THA	1.15	1.48	1.05	1.06	1.16	1.37	1.06	0.98
THY	1.14	1.96	1.04	1.50	1.12	1.92	1.02	1.46
UAL	1.20	0.95	1.28	1.10	1.29	0.99	1.36	1.16
USA	1.07	1.07	1.14	1.17	1.13	1.16	1.19	1.29

V. 요약 및 결론

본 연구는 국내·외 항공운송산업의 환경변화에 따라 우리나라 항공운송산업의 비용효율성을 극대화할 수 방안을 모색해 보았다. 이를 위해 18개 세계 주요 항공사들의 비용 및 산출 자료를 이용해 규모의 경제성을 분석하고, 이를 토대로 우리나라 항공운송사업자의 적정 규모를 도출하였다.

분석결과, 규모의 경제 추정에서 초월대수비용함수에 의한 대형사는 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났지만, 푸리에신축비용함수는 규모를 확대할 경우, 규모의 불경제가 발생하기 때문에 투입물을 확대하는 것은 바람직하지 않은 것으로 해석할 수 있다. 이것은 초월대수비용함수가 U자 모양을 가정하고 있기 때문에 주어진 자료에서 U자형에 맞추어져 규모의 경제가 추정되었다고 볼 수 있다. 반면, 푸리에신축비용함수는 푸리에계열로 미지의 함수를 정확하게 근사하고 있어 분석 자료에 기초한 규모의 경제를 정확하게 추정하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

그러나 국적항공사의 규모의 경제성은 초월대수비용함수로 추정되던, 푸리에신축비용함수로 추정되던 규모의 경제가 존재하는 것으로 추정되었다. 오히려 푸리에신축비용함수로 추정되었을 경우가 초월대수비용함수로 추정되었을 때 보다 규모이 경제가 더 크게 존재하는 것으로 나타나 현재보다 규모를 더 확대하더라도 문제가 없는 것으로 분석되었다.

후 기

이 논문은 2006년도 BK21사업 항공산업경영인력팀 연구지원비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

[1] 김민정, 『한국 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성 분석-자료포락분석기법과 확률적 비용변경접근법을 이용하여』, 서울대학교, 2004.
[2] 김성수 · 김민정, "서울 시내버스 운송업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 『대한교통학회지』, 제19권 제6호, 2001, pp. 89-102.
[3] 김제철, 『21세기 항공운송 환경변화와 항공정책 방향(2단계)』, 교통개발연구원, 2004.
[4] 김제철, 『항공운송산업의 경쟁력에 관한 실증분석-생산성과 효율성을 중심으로』, 경희대학교, 2004.
[5] 박진경과 김성수, "일반초월대수 비용함수모형을 이용한 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 『대한교통학회지』, 제22권 제6호, 2004, pp. 159-173.
[6] 한국항공진흥협회, 항공통계 국내편, 각 연도.
[7] KAL · AAR(주), 『영업보고서』, 각 연도.
[8] KAL, Morning Calm, 각 연도.
[9] AAR, Asiana Culture, 각 연도.
[10] Airline Business, "Special Report Airline Alliance Survey", 2005. 7.
[12] Baltagi B. H, J. M Griffin and D. P. Rich, "Airline Deregulation: the Cost Pieces of Puzzle", International Economic Review, Vol. 36, 1995, pp. 245-258.
[13] Baumol, W.J., J.C. Panzar and R.D. Willig, Contestable Markets and the Theory of Industry Structure, New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc, 1982.
[14] Centre for Asian Pacific Aviation, the Essential China Book, 2004. 8.
[15] David W. Gillen, Tae Hoon Oum and Michael W. Tretheway, "Airline Cost Structure and Policy Implications", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 24, 1990, pp. 9-34.

[16] Douglas W. Caves, Laurits R. Christensen and Michael W. Tretheway, "Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ", Rand Journal of Economics, Vol. 15, 1984, pp. 145-174.
[17] Hanaffel, 『항공운송산업의 당면과제와 전망』, IATA, 2002. 4.
[18] IATA, Freight Forecast 2004-2008, 2004.
[19] IATA, Passenger Forecast 2004-2008, 2004.
[20] IATA, World Air Transport Statistics, 각 연도.
[21] ICAO, Annual Report of the Council, 각 연도.
[22] ICAO, Financial data, 각 연도.
[23] ICAO, Fleet & Personnel, 각연도.
[24] ICAO, Traffic, 각 연도.
[25] Keeler J. P and Formby J. P, "Cost Economies and Consolidation in the U.S. Airline Industry", International Journal of Transport Economics, Vol. 21, 1994, 21-41.
[26] Kim H.Y., "Economies of Scale and Scope in Multiproduct Firms: Evidence from US Railroads", Applied Economics, Vol. 19, 1987, pp. 733-741.
[27] Leonardo J. Basso and Sergio R. Jara-Diaz, "Calculation of Economies of Spatial Scope from Transport Cost Functions with Aggregate Output with an Application to the Airline Industry", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 39, 2005, pp. 25-52.
[28] Michael G. Kirby, "Airline Economics of Scale and Australian Domestic Air Transport Policy", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 20, 1986, pp. 339-352.
[29] Tae Hoon Oum and Chunyan Yu, A Comparative Study of the Cost Competitiveness of the World's Major Airlines, 1995.