■ 論 文 ■

항공화물 부문과 항공사 효율성에 관한 연구
(자료포락분석(DEA) 모형의 이용)

Study of the Efficiency of Airlines' and Cargo Divisions-Using a DEA Model Approach

홍 석 진
(인천대학교 동북아물류대학원 전임강사)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 자료포락분석
1. 자료포락분석을 이용한 효율성 측정
2. 효율성 측정을 위한 변수의 선정
Ⅲ. 매출액 상위 10대 항공사 및 비교 대상 항공사의 선정
1. 항공화물 부문의 상위 10대 항공사 선정 - 그룹 1, 1A
2. 비교 대상 항공사의 선정 - 그룹 2,3
Ⅳ. 효율성 측정 및 그룹 항공사 간 비교
1. 항공사의 효율성 측정
2. 모수 및 비모수 검정
3. 그룹 1, 2, 3 항공사 간 비교
4. 그룹 1A, 2, 3 항공사 간 비교
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 항공화물, 자료포락분석 (DEA), CCR모형, 항공사 효율성, 비모수 검정

요 약

항공운송산업에서 항공화물이 차지하는 비중이 점차적으로 확대되고 있으며 향후 2020년(보잉은 2022년)까지의 성장률도 보잉과 에어버스에서는 여객 수요보다 화물수요가 각 1.3%, 0.8%의 높은 성장을 거둘 것이라는 전망을 하고 있다. 특히 에어버스에서는 아시아 태평양 지역 역내와 중국 발 유럽행의 항공화물이 평균 7.0%의 높은 성장을 할 것으로 전망하고 있다. 이러한 높은 성장 전망 외에도 항공화물이 항공운송산업 혹은 세계경제의 선행지표로도 사용되고 있다. 이렇듯 항공운송산업에서 항공화물 부문의 역할이 점차적으로 증대되고 있어 본 연구에서는 항공화물 사업부문에 많은 활동을 하고 있는 항공사의 효율성이 그렇지 않은 항공사의 효율성을 비교하는 연구를 하였다.

먼저 항공 화물 매출액 기준 상위 10개사(2002년 기준)의 효율성을 자료포락 분석(DEA, Data Envelopment Analysis)을 이용 분석하였다. 그리고 이를 이용하여 항공사 전체 매출액 상위 10개사(화물 매출액 상위 10개사를 제외), 미국의 9개 항공사(상위 50대 항공사 중), 기타 10개사를 선정하여 각각의 효율성 비교를 통하여 항공화물 사업을 활발히 하는 항공사와 그렇지 않은 항공사와의 효율성에 대해 상대적 비교를 하였다. 이를 통해 항공화물 사업 부문이 항공사의 경영 효율성에 미치는 영향에 대해 간접 비교를 시도하였다. 분석 결과 항공운송사업 중 항공화물 부문이 상위 10대 항공사 효율성이 다른 그룹의 항공사 보다 높게 제시되었다. 이는 항공사의 운송 사업을 화물 운송과 여객 운송 부문의 공동 네트워크의 활용을 통한 시너지 효과를 통해 항공사 효율성을 높일 수 있음을 의미한다.

I. 서론

항공운송산업에서 항공화물이 차지하는 비중이 점차적으로 확대되고 있으며 향후 2020년(보잉은 2022년)까지의 성장률도 보잉과 에어버스에서는 여객 수요보다 화물수요가 각 1.3%, 0.8%의 높은 성장을 거둘 것이라는 전망을 하고 있다. 특히 에어버스에서는 아시아 태평양 지역 역내와 중국 발 유럽행의 항공화물이 평균 7.0%의 높은 성장을 할 것으로 전망하고 있다. 이러한 높은 성장 전망 외에도 항공화물이 항공운송산업 혹은 세계경제의 선행 지표[1]로도 사용되고 있다.

본 연구에서는 항공운송산업에서 점차 그 역할이 증대되고 있는 항공화물 사업 부문에 많은 활동을 하고 있는 항공사와 그렇지 않은 항공사의 효율성을 비교하는 연구를 하였다. 연구는 2002년 항공 화물 매출액 기준 상위 10개사를 포함한 각 그룹의 효율성을 자료포락 분석 (DEA, Data Envelopment Analysis)을 이용하여 1998년부터 2002년까지 산출하여 대표값(기하평균)을 구하였다. 비교 대상 항공사는 항공사 전체 매출액 상위 50개사 중 화물 매출액 상위 10개사와 이를 제외한 9개의 미국 항공사 그룹[2], 이미 선정된 항공사 그룹을 제외한 상위 10대 항공사 그룹 등 3개 그룹의 효율성을 비교하였다. 여기서 적용한 방식은 비용함수의 추정(Estimating Cost Function)[3]과 같이 다수의 기업을 대상으로 각 항공사 특유의 성질을 감안하지 않은 방법을 이용한 것은 각 항공사 내부 비용 및 부문별 산출 자료의 획득에 어려움이 상존하기 9때문이었다. 화물 매출액 상위 10개 사는 여객기, 화물기 또는 혼용항공기(Combi-Aircraft)를 이용하는 정기 국제 항공사들로 정기 및 부정기 화물 노선을 운용하고 있으며, 이중 일부 항공사들은 화물 운항만 전담하는 화물 사업부를 운영하고 있는데 대표적인 항공사는 루프탄자 항공, 노스웨스트 항공과 대한항공 등과 같은 항공사를 선정하였다. 따라서 화물기만 운항하는 국제화물 전용 항공사로 정기 및 부정기 화물 운송 서비스를 제공[4]하는 회사와 국제 특수 및 소형 화물을 취급하는 복합화물운송사[5] 그리고 국제화물 전용 부정기 항공사[6] 등은 제외 하였다.

〈표 1〉 보잉과 에어버스사의 향후 성장률 전망치

	보 잉 (2022년까지)	에어버스 (2020년까지)
국민소득(GDP)	3.2%	3.3%
여객수요(RPK)	5.1%	4.7%
화물수요(FTK)	6.4%	5.5%

자료: Boeing(2003), Airbus(2002)

본 논문의 구성은 2장은 자료포락분석에 대한 설명과 이를 이용한 항공사의 효율성 측정과 측정변수에 대해서, 3장은 항공화물 부문 상위 10대 항공사와 이들 항공사와 비교를 할 항공사를 선정하였고, 4장에서는 효율성 측정 및 항공사 그룹간의 비교와 비교 결과를 분석하였다.

II. 자료포락분석

1. 자료포락분석을 이용한 효율성 측정

자료포락분석은 선형계획법을 기반으로 하여 복수 투입 및 산출요소의 기술적 효율성을 측정하는 비모수적(Non-Parametric) 접근법이다. E. Rhodes가 작성한 박사 학위논문[7]에서 소수계 학생 (Disadvantaged Students)을 지원하는 "Program Fellow-Through"를 적용하는 학교와 적용하지 않는 학교의 효율성 비교 시에 적용[8]되었다. 이로서 Charnes, Cooper and Rhodes(CCR) 모형은 Farrell(1957)의 단일 투입 및 산출요소를 이용한 기술적 효율성(Technical Efficiency) 측정 방법을 수학적 기법(Mathematical Programming)을 이용하여 복수 산출 및 투입요소를 산출할 수 있도록 발전하였다(Banker et al. 1996). 이 후 자료포락분석 기법은 서로 다른 단위의 산출 및 투입 요소를 이용하여 효율성을 분석하는 기법으로 널리 활용되고 있다. 특히

1) Asian Wall Street Journal, Sep 19, 2002.
2) 미국의 항공사들은 전통적으로 강한 경쟁력을 갖고 있으나 상대적으로 화물에 대한 활동은 저조
3) 규모의 경제성 추정시 이용
4) 대표적인 항공사는 룩셈부르크의 카고룩스 항공이 있다.
5) FeDex, UPS 및 Airborne Express 등이 있다.
6) 부정기 항공화물만 취급하는 항공사의 수는 극히 제한적이다.
7) 1978년 카네기 멜론 대학의 W. Cooper 교수의 지도아래 작성
8) E. Rhodes는 "Program Fellow-Program을 적용하는 학교가 효율성이 높음을 분석하였다. (투입요소로는 부모가 자녀에게 책읽어 주는 시간을 산출요소로는 소수계 학생의 자긍심으로 하였다.)

Seiford(1996)는 17년간(1978-1995)자료포락분석 기법의 발전된 과정을 상세히 설명하였다. Cook and Kress (CK 모형-1990)는 선호투표(Preference Rankings) 결과를 자료포락분석기법을 이용하여 다(多)기준에 의한 우선순위 산정에 활용 할 수 있는 모델을 제시하였고, Noguchi, Ogawa and Ishii(NOI 모형-2002)는 CK 모형을 이용하여 다 범주(Multiple Categorized), 다 기준에 의한 우선순위 선정에 대한 모델을 제시하였다. 종전에는 다 범주-다 기준인 경우 CK 모형과 계층분석기법(AHP, Analytic Hierarchy Process) 등을 사용하였으나 NOI 모형은 자료포락분석 기법만으로 다범주-다기준의 선호투표 분석을 할 수 있도록 모형을 제시하였다.

본 연구는 자료포락분석 기법의 가장 원형적 모델인 CCR 모형을 이용하여 항공사의 효율성을 측정하였으므로 CCR 모형에 대해 간단히 설명코자 한다. 기술적 효율성의 측정은 각 투입 및 산출요소에 대한 각각의 가중치 합에 대한 비율로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 가중치는 각 평가항목의 상대적 중요도를 나타낸다. 여기서 가중치 u_r과 v_i는 비음(Non-negativity) 조건을 만족하고, 효율성은 식(2)와 같이 0과 1사이의 값을 갖게 되고 그 값이 1인 경우 효율성이 매우 높은 것으로 해석된다.

$$\text{의사결정단위 j의 효율성} = \frac{Virtual\ Output}{Virtual\ Input} = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \cdots} = \frac{\sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{k} v_i x_{ij}} \quad (1)$$

u_r = 산출물 r에 대한 가중치, r = 1, 2, …

y_{rj} = 의사결정단위 j의 산출물 r의 규모

v_i = 투입물 i에 대한 가중치, r = 1, 2, …

x_{ij} = 의사결정단위 j의 투입물 i의 규모

$$0 \le \frac{\sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{k} v_i x_{ij}} \le 1 \quad (2)$$

위의 식(1)과 (2)에서 의사결정단위 j는 주어진 제약 조건하에서 효율성을 최대화하고자 하는 수준에서의 가중치를 구하게 되는데 이를 선형계획법에 의해 모델을 설정하면 식(3)과 같은 CCR 비율(Fractional) 모형을 구할 수 있다. 이 모형에 의해 얻은 효율성을 교차 효율성(Cross Efficiency)이라 부른다.

$$Maximize\ j_0 = \frac{\sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{k} v_i x_{ij}} \quad (3)$$

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{k} v_i x_{ij}} \le 1, \forall_j \quad (4)$$

$$s_r, t_i \ge 0 \ge 0$$

식(3)과 (4)에서 투입물 $\sum_{i}^{k} v_i x_{ij}$를 1로 치환하면 식(5)와 같은 CCR 투입 방향의 승수모형을 구하여 선형계획법의 Simplex 방법을 이용한 최적해를 구할 수 있다.

$$Maximize\ j_0 = \sum_{r}^{k} u_r y_{rj} \quad (5)$$

Subject to

$$\sum_{i}^{k} v_i x_{ij} - \sum_{r}^{k} u_r y_{rj} \ge 0, \ \forall_j$$

$$\sum_{i}^{k} v_i x_{ij} = 1$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon$$

$$Minimize\ \theta_{j_0} \quad (6)$$

Subject to

$$\sum_{j}^{n} \lambda_j x_{ij} - \theta_i x_{ij_0} \le 0, \ \forall_j$$

$$\sum_{j}^{n} \lambda_j y_{rj} - y_{rj_0} \ge 0, \ \forall_r$$

$$\lambda_j \ge 0, \ \forall_j$$

$$Maximize\ \sum_{i}^{m} s_i^- + \sum_{r}^{s} s_r^+ \quad (7)$$

Subject to

$$\sum_{j}^{n} \lambda_j x_{ij} - \theta^*_{j_0} x_{ij_0} + s_i^- = 0, \ \forall_i$$

$$\sum_{j}^{n} \lambda_j y_{rj} - y_{rj_0} - s_r^+ = 0, \ \forall_r$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \ge 0, \ \forall_j$$

본 연구에서는 식(5)를 이용하여 효율성을 구하였으나 식(5)의 쌍대 모형 식(6)과 과잉 투입과 과소 산출을 찾아낼 수 있는 잔여변수(Slack Variable)모형 식(7)을 유도 해 낼 수 있다. 식(6)과 (7)은 Ray et al.(1997)과 같이 각 투입 및 산출요소에 대한 효율성

및 의사결정단위의 비효율성을 측정 할 때 적용한다. 또한 본 연구에서는 규모수익 불변(CRS, Constant Return to Scale)을 전제로 계산하였으며, 규모수익 불변의 의미는 장기 생산과정에서 투입되는 모든 생산요소를 두 배로 증가시켰을 때 산출량도 두배로 증가하는 생산 함수[9]를 말한다.

2. 효율성 측정을 위한 변수의 선정

항공사의 효율성 측정 변수로는 2002년 매출액 기준 상위 50대 항공사를 대상으로 하여 그 중 29개 항공사의 5년(1998년부터 2002년) 자료를 대상으로 광범위한 수집을 하였기 때문에 일관된 데이터의 수집 가능성에 중점을 두었다. 항공사 효율성을 측정하기 위해서는 항공사의 경영활동에 필요한 투입요소와 산출물 중 어느 요인을 분석 대상으로 할 것인 가가 가장 중요한 문제이다. 현실적으로 모든 투입요소와 산출요소를 고려 할 수는 없다. 그러나 가장 중요한 점은 투입요소와 산출요소 간의 연관성 일 것이다. 또한 적절한 투입요소와 산출요소를 포함하지 않고 효율성을 측정하는 경우에도 효율성 지표의 유용성은 떨어질 것이다.

본 연구에서는 서로 다른 국가의 항공사 효율성을 측정함으로 인하여, 각 국가의 항공사 경영환경(규제적, 비 규제적 환경 및 국토의 면적, 자국민의 항공기 이동성 등)과 국가간 경영 능력의 차이 그리고 인프라 혼잡도 등의 요소를 고려하지 않고 투입요소를 산출량으로 나눈 기술적 효율성 만 비교를 했다. 따라서 각 국별 항공운송 산업 현황에 대한 정성적 설명 변수를 고려하여 추가적인 연구도 뒤따라야 할 것이다. Thompson et al. (1990)에 의하면 전체적 효율성은 기술적 효율성과 배분적 효율성의 곱으로 표현이 가능하며(오동일, 2000) 그리고 기술적 효율성은 Banker et al.(1988)에 의하면 순수한 기술적 효율성과 규모 효율성의 곱으로 표현(오동일, 2000)된다.

자료포락분석 기법을 이용한 항공사 효율성 측정에 대한 연구는 유럽과 미국 항공사의 경쟁력을 비교한 Good, Roller and Sickles(1995)[10], 라틴 아메리카 항공사를 대상으로 한 Charnes, Gallegos and Li (1996), 항공사의 효율성을 보다 정교하게 분석하기 위한 투입 요소에 대한 연구를 한 Tofallis(1997), 미국 항공사의 기술적 효율성을 분석한 Ray and Hu (1997), 대만 국내 항공사의 효율성 측정을 한 Chang and Yeh(2001) 등이 있다. 자료포락분석 기법 외에 총요소 생산성(Total Factor Productivity)을 이용하여 Oum and Yu(1995)는 많은 논문을 발표한 바 있다.

자료포락분석 기법을 이용하여 효율성을 분석한 논문들이 사용한 투입 및 산출 요소를 살펴보면, Good et al.(1995)은 투입요소로 인건비, 연료비 및 비운항 자산 그리고 항공기로 산출하였으며, 산출요소로는 총 매출액으로 하였다. Charnes et al.(1996)은 국내와 국제선을 분리하여 분석을 하였으며, 투입요소로는 공급좌석 킬로미터(ASK, Available Seat Kilometer), 화물 톤 킬로미터(ATK, Available Tonne Kilometer), 연료비와 인건비로 산출하였으며, 산출요소로는 RPK (Revenue Passenger Kilometer)로 하였다. Tofallis (1997)는 투입요소로 공급 좌석 킬로미터, 운영비용(Operating Cost), 비 항공 자산(예약 시스템, 시설 및 기타 자산)을 산출요소로는 승객 킬로미터(RPK, Revenue Passenger Kilometres)와 비 승객 수입으로 하였다.

본 연구에서는 항공사 투입요소로 공급좌석 킬로미터(ASK)와 종업원 수로, 산출요소로는 총매출액, 승객 킬로미터와 화물 운송 킬로미터로 하였다, 이는 투입 요소에서 일부 선행 연구들이 인건비 등의 비용 측면에서 접근 한 반면 단순 종업원 수로 한 것이 차별적인 것으로 볼 수 있으며, 이는 기본적으로 국가별 항공사 간의 인건비 격차가 큼으로 인한 효과를 줄이기 위해서 고려 한 점이다. 그러나 투입요소의 종업원 수와 산출요소의 매출액을 부문별로 분리하지 않은 것은 본 논문의 한계라 할 수 있으며 추후 연구가 계속 되어야 할 부분이다.

Ⅲ. 매출액 상위 10대 항공사 및 비교 대상 항공사 선정

1. 항공화물 부문의 상위 10대 항공사 선정 - 그룹1, 1A

항공화물 매출액 상위 10대 항공사 선정은 Airline

9) f(tL, tK) = tf(L, K)
f(tL, tK) > tf(L, K): 규모수익체증
f(tL, tK) < tf(L, K): 규모수익체감

10) 이 연구는 1976년부터 1986년 사이 유럽 및 미국이 각 8개 항공사에 대해 자료포락분석 기법을 이용하여 분석한 결과 유럽항공사가 규제완화적 시장 하에 있다면 년 간 40억불의 비용을 절약 (1986년 달러화 기준) 할 수 있을 것이라고 분석 하였다.

Business의 2003년 항공사 매출액 순위 조사 결과 중 화물부문 매출액, RTK(Revenue Tonne Kilometre) 그리고 총 매출액 중 화물매출액의 비중이 상위 10개 사를 〈표 2, 3, 5〉와 같이 선정하였다. 그 중 매출액과 RTK 기준 상위 10대 항공사는 일치함을 보여 주고 있다(〈표 2, 3〉).

항공사 매출액 중 화물부문 매출이 차지하는 비중이 높은 10대 항공사는 대만의 장영항공(EVA Air, BR)이 43%로 가장 높고, 대만의 중화항공(China Airlines, CI)이 39%를 차지하고 있으며, 10대 항공사 중 Lan Chile(LA)과 Emirates(EK)를 제외하면 8개의 항공사가 아시아계 항공사이다. 특히 2001년 RTK의 순위와 비교하면 캐세이퍼시픽항공(CX), 장영항공, 중화항공이 높은 성장률을 기록하여 순위가 상승하였으며, 일본항공(JL), KLM(KL) 그리고 유나이티드항공(UA)의 순위가 하락 하였다(〈표 3〉). 1998년부터 2002년에 걸친 항공화물 부문의 성장은 싱가폴항공(SQ)을 비롯한 동북아 지역 항공사들이 높은 성장을 하고 있는 반면 기타 지역 항공사들은 마이너스 성장 혹은 낮은 성장을 기록하였음을 볼 수 있다. 특히 동기간동안의 성장의 특색은 일본항공(JL)과 대한항공(KE), 아시아나항공(OZ)의 성장률 보다 중화권 항공사의 성장률이 두드러짐을 볼 수 있다. 이는 앞으로도 계속 될 전망이다(〈표 3, 4〉).

50위권이외의 항공사 중에는 Martinair와 같이 51%를 화물 운송 부문에서 수입을 거두는 항공사도 있으며, Pakistan International Airlines, Gulf Air 그리고 Royal Air Maroc과 같은 항공사들은 각각 12, 11 그리고, 10%의 높은 비중을 차지하고 있으나 이들 항공사의 총 매출액은 1억 불 미만 수준으로 분석에서는 제외하였다.

따라서 화물의 매출액과 RTK 기준의 그룹 1과 〈표 8〉과 같은 항공사의 매출액 중 화물매출액 비중이 높

〈표 2〉 항공화물 상위 10대 항공사-매출액 기준

(단위:백만불)

항공사	총 매출액	여객 매출액	화물 매출액
LH	16,123	9,240	2,191
JL	17,244	10,741	1,496
AF	12,697	10,535	1,480
KE	5,047	2,975	1,449
SQ	5,966	3,849	1,430
CX	4,245	2,871	1,204
KL	6,490	4,767	1,108
CI	2,120	1,165	836
BR	1,873	943	798
BA	11,940	10,165	752

자료 : Airline Business(2003)

〈표 3〉 2002년 항공화물부문 매출 상위 10대 항공사-RTK 기준

(단위:백만 톤-킬로)

항공사	총 RTK	여객 RTK	화물 RTK	2001 대비 화물 RTK 증가율
LH	15,129	7,971	7,158	1.1%
SQ	13,590	6,676	6,914	16.1%
KE	10,009	3,762	6,247	12.1%
AF	13,606	8,744	4,862	-5.0%
CX	9,268	4,414	4,854	23.3%
CI	7,013	2,413	4,600	13.9%
JL	11,878	7,536	4,342	7.2%
BA	13,220	9,010	4,210	4.4%
KL	9,545	5,348	4,197	3.8%
BR	5,882	1,756	4,126	22.1%

자료 : Airline Business(2003)

〈표 4〉 2001년 항공화물부문 매출 상위 10대 항공사-RTK 기준

(단위: 백만 톤-킬로)

항공사	총 RTK	여객 RTK	화물 RTK	2001 대비 화물 RTK 증가율
LH	14,884	7,803	7,081	- 8%
SQ	12,254	6,300	5,954	- 2%
KE	9,032	3,461	5,571	- 15%
AF	13,652	8,535	5,117	- 5%
JL	11,190	7,143	4,047	- 12%
KL	9,162	5,120	4,042	- 6%
CI	6,356	2,318	4,038	- 2%
BA	13,597	9,564	4,033	- 15%
CX	7,969	4,031	3,938	- 5%
UA	20,384	16,895	3,489	- 31%

자료 : Airline Business(2002)

〈표 5〉 항공화물부문 매출 비중 상위 10대 항공사-총 매출액 대비 화물 매출액 기준

항공사	여객 매출비중	화물 매출비중	여객+화물
BR	50%	43%	93%
CI	55%	39%	94%
LA	55%	36%	91%
OZ	62%	29%	91%
KE	59%	29%	88%
CX	68%	28%	96%
SQ	65%	24%	88%
MU	77%	19%	95%
EK	68%	17%	84%
TG	79%	16%	95%
평균	64%	28%	95%

은 항공사 그룹 1A 〈표 9〉을 항공사의 영업 행위 중에서 의도적이든 비의도적이든 화물 부문 사업을 확대하고자하는 기업으로 간주하여 화물 부문의 비중이 낮은 항공사들과 효율성을 비교하고자 한다.

2. 비교 대상 항공사의 선정 - 그룹 2, 3

비교 대상 항공사 선정은 항공화물 부문 사업이 전문화 되어 있어 상대적으로 항공사 화물 부문이 취약한 미국항공사 그룹(전 세계 순위 50위권 내)과 미국 항공사와 그룹 1 이외의 항공사를 제외한 10대 항공사를 선정하여 미국 항공사는 그룹 2 〈표 10〉로 기타 10대 항공사는 그룹 3 〈표 11〉으로 분류하였다.

〈표 6〉를 보면 미국 항공사(그룹 2)와 기타 10 대 항공사(그룹 3)은 100 대 항공사의 평균(6.7%) 보다 총 매출액 중 화물 부문이 차지하는 비중, 화물 RTK 그리고 화물 부문의 매출액이 그룹 1의 항공사와는 절대적으로 낮음을 볼 수 있다.

〈표 6〉 그룹 1, 2, 3간 항공화물 비율-2002년 실적 기준

(단위: 백만)

	100대 항공사	그룹 1	그룹 2	그룹 3
화물 RTK	103,000 (100%)	51,510 (50%)	15,313 (14.9%)	13,213 (12.8%)
화물 부문 매출액 기준(USD)	47,388 (100%)	12,654 (26.7%)	3,287 (6.9%)	2,899 (6.1%)
총 매출액 중 화물부문이 차지하는 비중	6.7%	22%	3.8%	5.9%

자료 : Airline Business(2003)
주) 화물 RTK는 복합화물운송사와 Nippon Cargo Airlines 제외

Ⅳ. 효율성 측정 및 그룹 항공사 간 비교

1. 항공사의 효율성 측정

각 항공사의 효율성 측정은 1998년부터 2002년 까지 5개년에 걸친 각 항공사의 투입요소(공급 좌석 킬로미터와, 종업원 수)와 산출요소(총 매출액, 여객 수송 실적-RPK, 화물 수송 실적-RTK)를 〈표 7〉과 같이 수집하였으며, 이를 CCR 모형에 의해 선형계획법으로 계산하였다. 2개의 투입요소와 3개의 산출요소를 각 항공사의 5년 자료를 수집하였으나, 일부 항공사는 하나 혹은 두개의 요소가(투입 및 산출 요소 중 각 1개씩) 없는 경우 부득이 활용하였다.

본 연구는 5년의 자료를 수집하였으나 각 년도별로 효율성을 비교하지 않고 각 항공사별로 5년의 효율성을 계산하여 기하평균 값을 구하였다. 이는 97년도 아시아 지역의 금융위기로 98년도의 효율성이 평균적으로 낮게 산출되어(예, 타이항공, TG-0.586) 이를 보정하고 중국동방항공(MU)과 같이 최근 화물이 급성장한 항공사의 값들을 일반화하기 위해서이다. 3개 그룹의 효율성 평균값은 그룹 1이 0.989(표준편차, 0.02)로 가장 높으며, 그룹 1A는 0.966(표준편차 0.05),

〈표 7〉 효율성 측정에 사용된 각 항공사의 2002년 자료

항공사	Rev.	RPK	RTK	ASK	Employees
LH	16,123	88,570	7,158	119,877	29,494
SQ	5,966	74,183	6,914	99,566	14,418
KE	5,047	41,798	6,247	58,085	15,304
AF	12,697	97,151	4,862	126,533	70,156
CX	4,245	49,041	4,854	63,050	14,649
CI	2,120	26,806	4,600	35,672	9,263
JL	17,244	83,728	4,342	121,223	16,184
BA	11,940	100,112	4,210	139,172	57,014
KL	6,490	59,417	4,197	74,825	29,867
BR	1,873	19,058	4,126	25,184	4,393
LA	1,452	11,140	1,934	17,067	5,487
OZ	2,078	17,332	2,807	24,187	6,841
MU	1,581	18,634	1,029	28,680	15,719
EK	2,788	31,661	2,128	41,337	10,507
TG	2,990	46,751	1,771	63,198	
AA	17,299	195,897	3,229	277,038	93,500
UA	14,286	176,121	3,658	239,404	79,000
DL	13,305	164,267	2,405	228,168	75,100
NW	9,489	115,963	3,578	150,401	44,300
CO	8,402	92,191	1,382	124,225	48,000
US	6,977	64,478	653	90,761	37,100
WN	5,522	73,081	206	110,907	33,705
AS	2,224	21,229	88	31,170	11,039
HP	2,047	32,004	114	43,483	11,908
NH	10,063	55,001	1,341	81,787	12,772
SK	6,754	23,212	829	34,096	7,556
AC	6,269	69,404	1,910	92,236	35,205
QF	5,946	75,134	1,607	95,944	33,044
AZ	4,600	30,025	1,378	42,390	21,294
IB	4,600	40,470	850	55,405	25,754
NZ	3,338	21,484	761	29,714	9,502
SV	5,522	73,081	206	110,907	33,705
CA	2,803	24,002	1,904	35,158	

주1 : 98년부터 01년 자료는 본 논문에 수록하지 않음
주2 : 단위는 매출액-백만 불, RPK-백만, RTK-백만, ASK-백만, 종업원수-명

〈표 8〉 항공화물부문 매출 상위 10대 항공사의 CCR Ratio -RTK 기준-그룹 1

항공사	1998	1999	2000	2001	2002	기하 평균
LH	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SQ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
KE	0.812	1.000	1.000	1.000	1.000	0.959
AF	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CX	1.000	0.968	1.000	1.000	1.000	0.994
CI	0.984	1.000	0.998	1.000	-	0.995
JL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
BA	0.970	0.928	0.930	0.934	0.941	0.940
KL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
BR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
평균	0.977	0.990	0.993	0.993	0.993	0.989

〈표 9〉 항공화물부문 매출 비중 상위 10대 항공사의 CCR Ratio -RTK 기준-그룹 1A

항공사	1998	1999	2000	2001	2002	기하 평균
BR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CI	0.984	1.000	0.998	1.000	-	0.995
LA	1.000	0.885	1.000	1.000	0.983	0.976
OZ	1.000	1.000	1.000	0.981	1.000	0.996
KE	0.812	1.000	1.000	1.000	1.000	0.959
CX	1.000	0.968	1.000	1.000	1.000	0.994
SQ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MU	**0.839**	**1.000**	**0.842**	**0.823**	**0.815**	**0.861**
EK	1.000	0.955	0.967	1.000	0.986	0.981
TG	0.586	1.000	0.978	1.000	1.000	0.895
평균	0.922	0.981	0.979	0.980	0.979	0.966

〈표 10〉 세계 50 순위내의 미국 항공사의 CCR Ratio -그룹 2

항공사	1998	1999	2000	2001	2002	기하 평균
AA	0.970	0.922	0.942	0.918	0.918	0.934
UA	0.983	0.994	0.941	0.942	0.954	0.963
DL	1.000	0.990	0.959	0.942	0.934	0.965
NW	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CO	0.933	0.923	1.000	0.964	0.963	0.956
US	1.000	1.000	0.890	0.921	0.895	0.940
WN	0.909	0.896	0.912	0.893	1.000	0.892
AS	0.842	1.000	0.910	0.965	0.893	0.920
HP	0.832	0.924	1.000	0.943	0.913	0.921
평균	0.941	0.961	0.950	0.943	0.941	0.943

그룹 2는 0.943(표준편차 0.03) 그리고 그룹 3이 0.930(표준편차 0.05) 순이다.

〈표 11〉 세계 50 순위내의 〈표 5, 6〉를 제외한 항공사의 CCR Ratio-그룹 3

항공사	1998	1999	2000	2001	2002	기하 평균
NH	0.934	0.910	0.955	0.996	0.958	0.950
SK	0.820	0.931	0.897	1.000	1.000	0.927
AC	1.000	1.000	0.916	0.929	0.952	0.959
QF	0.937	0.948	0.963	0.993	0.999	0.968
AZ	0.930	0.898	0.917	0.945	0.928	0.923
IB	0.942	1.000	0.980	0.985	0.924	0.966
NZ	1.000	1.000	0.895	1.000	1.000	0.978
SV	0.378	1.000	0.873	1.000	1.000	0.801
TG	0.586	1.000	0.978	1.000	1.000	0.895
CA	1.000	0.810	0.875	0.852	0.976	0.900
평균	0.853	0.950	0.925	0.970	0.974	0.930

2. 모수 및 비모수 검정

본 논문은 각 그룹의 CCR 점수가 정규분포성인 경우 실시하는 모수검정과 정규분포성을 갖지 않는 경우 실시하는 비모수 검정을 실시하였으나 그 결과가 동일하여 본 논문에서는 비모수 검정에 대해서만 설명을 하였다. 즉 모수검정에서는 일원배치분산분석(ANOVA)를 통해 그룹 간의 차이를 검정하였고, 각 그룹간 등분산 검정(Levene's)과 평균 검정(T-검정)을 실시하였다.

3. 그룹 1, 2, 3 항공사 간 비교

그룹 1, 1A, 2, 3는 기하평균 값에서 확실한 차이가 존재하나 Kruskal-Wallis 검정(비모수 검정)을 통하여 집단간의 차이가 명확히 존재하는지를 〈표 12, 13〉과 같이 확인하였다. Kruskal-Wallis 검정은 관측값이 어느 특정한 확률분포(정규분포, 이항분포 등)를 따른다고 전제한 후 모수에 대한 검정을 실시하는 모수적(Parametric) 방법과는 달리 관측 값이 어느 특정한 확률분포를 따른다고 전제할 수 없는 경우 실시하는 검정 방법으로 분포무관 방법(Distribution Free Method)으로도 불린다. 비모수적 방법의 특징은 최소한의 가정을 전제함으로 가정이 만족하지 않음으로서 발생하는 오류를 줄일 수 있으며, 순서척도로 된 자료의 검정이 용이하다.

〈표 13〉에 의하면 근사유의 확률이 0.05 보다 작으므로 귀무가설(각 그룹의 차이가 없다.)을 기각 할 수 있어 그룹 1, 2, 3 간의 명확한 차이가 존재하는 그룹

〈표 12〉 Kruskal-Wallis 검정

그룹	N	평균순위
1	10	22.40
2	9	11.61
3	10	10.65
합계	29	

〈표 13〉 Kruskal-Wallis 검정 통계량

	CCR 점수(효율성)
카이제곱	11.757
자유도	2
근사유의 확률	0.003

〈표 14〉 Mann-Whitney 검정 순위-그룹 1 & 2

그룹	N	평균순위	순위합
1	10	13.25	132.5
2	9	6.39	57.50
합계	19		

〈표 15〉 Mann-Whitney 검정 통계량-그룹 1 & 2

	CCR 점수 (효율성)
Mann-Whitney의 U	12.500
Wilcoxon 의 W	57.500
Z	-2.723
근사유의 확률 (양쪽)	0.006
정확한 유의 확률	0.006

〈표 16〉 Mann-Whitney 검정 순위-그룹 1 & 3

그룹	N	평균순위	순위합
1	10	14.65	146.5
3	10	6.35	63.50
합계	20		

〈표 17〉 Mann-Whitney 검정 통계량-그룹 1 & 3

	CCR 점수(효율성)
Mann-Whitney의 U	8.500
Wilcoxon 의 W	63.500
Z	-3.180
근사유의 확률 (양쪽)	0.001
정확한 유의 확률	0.001

임을 볼 수 있다. Kruskal-Wallis 검정을 통해 각 그룹의 범주가 적절히 선정되었음을 확인하였기 때문에 본 논문의 최종 결론을 유도하기 위해 역시 비모수 검정 방법인 Mann-Whitney U 검정을 〈표 14, 15〉에서 그룹 1, 2간, 〈표 16, 17〉에서 그룹 1, 3간 그리고 〈표 18, 19〉에서 그룹 2, 3간의 효율성에 대해 쌍

〈표 18〉 Mann-Whitney 검정 순위-그룹 2 & 3

그룹	N	평균순위	순위합
2	9	10.22	92.00
3	10	9.80	98.00
합계	19		

〈표 19〉 Mann-Whitney 검정 통계량-그룹 2 & 3

	CCR 점수(효율성)
Mann-Whitney의 U	43.000
Wilcoxon 의 W	98.000
Z	-0.163
근사유의 확률 (양쪽)	0.870
정확한 유의 확률	0.905

비교 (Pair Comparison)을 하였다.

〈표 14, 15, 16, 17〉를 통해서 항공화물 매출액 또는 비중이 높은 항공사(그룹 1)가 항공화물 매출액 또는 비중이 낮은 항공사(그룹 2-미국의 항공사, 그룹 3-그룹 1, 2를 제외한 상위 10대 항공사)보다 효율성이 차이가 있다(유의 수준 0.05). 그리고 그룹 1의 항공사 평균 순위 값이 높은 것으로 나타났다. 그러나 항공화물이 비중이 상대적으로 낮은 그룹 2, 3간의 비교 검정 결과는 〈표 19〉에서 보는 바와 같이 정확한 유의 확률이 유의 수준 0.05 보다 크게 제시되어 두 그룹의 효율성의 차이가 없는 것으로 나타났다.

이 검정을 통하여 항공사의 화물부문 매출액이 큰 항공사는 다른 항공사와 비교하여 효율성이 높은 것으로 나타났다. 이는 항공사의 항공화물 부문이 여객 부문보다 생산성이 높은 것으로 볼 수 있다. 그러나 화물부문의 비중이 낮은 미국 항공사와 기타 10대 항공사 사이에는 효율성이 차이는 없는 것으로 나타났다.

4. 그룹 1A, 2, 3 항공사 간 비교

그룹 1A, 2, 3간의 비교는 〈표 20, 21〉에서와 같이 유의 확률이 0.05 수준보다 크게 나타나 효율성의 차이가 없는 범주 분류로 나왔다. 이는 급성장하고 있는 중국동방항공(MU)와 타이항공(TG)의 효율성이 다른 항공사보다 상대적으로 낮게 나타나 다른 그룹의 항공사들과 명확한 구분이 되지 않았다. 이는 항공사의 매출액 중 화물부문 매출액이 큰 항공사의 효율성은 다른 항공사와 차이는 없음을 뜻한다.

따라서 Mann-Whitney 검정을 통해 그룹1A, 2, 3간의 차이를 비교하는 것에는 의미가 없다. 그러나 화

〈표 20〉 Kruskal-Wallis 검정

그룹	N	평균순위
1A	10	19.70
2	9	13.11
3	10	12.00
합계	29	

〈표 21〉 Kruskal-Wallis 검정 통계량

	CCR 점수(효율성)
카이제곱	4.738
자유도	2
근사유의 확률	0.094

물의 비중이 높아 그룹 1A에 속한 항공사들의 규모가 그룹 1,2,3에 속한 항공사보다 규모가 작아 규모의 경제성으로 인해 효율성이 낮게 평가되었을 수도 있다.

V. 결론

승객을 주로 수송하는 역할을 담당하고 있던 항공기 역할이 점차적으로 물자수송의 역할로 확대해가고 있다. 더욱이 항공기가 수송하는 물자의 가치로 환산할 경우 그 비중이 매우 크다. 특히 보잉과 에어버스의 전망과 같이 아시아 태평양 지역의 항공 화물이 이러한 성장세를 더욱 뒷받침해주고 있다. 이중에서도 중화권 화물 물동량이 많아지고 있어, 홍콩의 캐세이퍼시픽, 대만의 장영항공과 중화항공 그리고 중국의 Air China의 화물 부문이 급성장하고 있는 가운데 이 지역의 일부 항공사들은 항공화물 부문의 분사화를 시도하고 있다.

그러나 전 세계적으로 항공화물은 복합화물운송사(Integrator)의 비중이 매출액 기준 약 49.2%(FeDex, Airborne, UPS, DHL)를 차지하고 있으며, 25.8%는 그룹 1과 같은 항공화물 매출액 10대 항공사가 차지하고 있다. 화물 매출액 및 RTK 상위 10대 항공사 중에서도 아시아 지역의 항공사 매출액이 크게 신장되고 있는 가운데 전 세계적인 네트워크를 구성하고 있는 복합화물 운송사의 아시아 지역에 대한 투자를 확대하고 있는 추세이다. 이에 대항하여 항공화물이 급증하고 있는 아시아 지역의 일반 항공사들은 항공화물의 분사화를 통한 효율성 증대보다는 여객의 네트워크를 충분히 활용하여 규모의 경제를 구축하는 것이 무엇보다 중요하며 화물 사업부문의 확대가 항공사 효율성을 더욱 크게 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 일반적으로 항공사에서 화물/여객 혹은 노선별 투입 및 산출요소의 산정이 쉽지 않아 다수의 기업을 상대로 하였기 때문에 각 국의 시장 특성을 충분히 감안하지 못하였다. 또한 항공사 중 항공화물 부문의 효율성 측정에 대한 선행연구가 없어 충분히 객관적 연구가 되지 못한 점이 있으며, 이는 추후 계속적인 연구를 통해 보완하기로 한다.

참고문헌

1. 오동일(2000), "가중치에 대한 제약 및 분석 표본수에 따른 DEA 효율성과 참조 집단의 변화에 대한 실험 연구", 경영학연구 제29권 제4호, pp.748~768.
2. 최문경(1995), "DEA에 있어서 의사결정단위의 순위결정에 관한 연구", 생산성논집 제9권 제2집, pp.89~110.
3. Airbus(2002), "Global Market Forecast: 2002-2020".
4. Asian Wall Street Journal(2003), "Cargo Provided Lift for Asia's airlines", Jan 24-26.
5. Asian Wall Street Journal(2003), "Asia Leads a Recovery in Air-Cargo Traffic", Sep 19.
6. Banker R. D. and Johnston H. H.(1996), "Evaluating the Impacts of Operating Strategies on Efficiency in the U.S. Airline Industry", in "Data Envelopment Analysis: Therory, Methodology, and Application", Kluwer Academic Publishers, Boston.
7. Boeing(2003), "Current Market Outlook".
8. Charnes A., Gallegos A. and Li H.(1996), "Robustly Efficient Parametric Frontiers vis Multiplicative DEA for Domestic and International Operations of the Latin American Airline Industry", European Journal of Operational Research 88, pp.525~536.
9. Chang T. H. and Yeh C. H.(2001), "Evaluating Airline Competitiveness using Multiattribute Decision Making", The International Journal of Management Science 29. pp.405~415.
10. Cook W.D. and Kress M.(1990), "A Data

Envelopment Model for Aggregating Preference Rankings", Management Science, Vol.36 No.11, pp.1302~1310.

11. Good D. H., Roller L. and Sickles R. C. (1995), "Airline Efficiency Differences between Europe and the US: Implications for the Pace of EC Integration and Domestic Regulation", European Journal of Operational Research 80, pp.508~518.
12. Mendenhall W., Scheaffer R. and Wackerly D.(1986), "Mathematical Statistics with Application", Duxburry Press, Boston.
13. Noguchi H., Ogawa M. and Ishii H.(2002), "The Appropriate total ranking method using DEA for Multiple Categorized Purposes", Journal of Computational and Applied Mathematics 146, pp.155~166.
14. Oum T, H, and Yu C.(1995), "A Productivity Comparison of the World's Major Airlines", Journal of Air Transport Management Vol.2 No.3/4, pp.181~195.
15. Ray S. C. and Hu X.(1997), "On the Technically Efficient Organization of an Industry: A Study of U.S. Airlines", Journal of Productivity Analysis 8, pp.5~18.
16. Seiford L. M.(1996), "Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995)", Journal of Productivity Analysis Vol.7, No.2-3, pp.99~137.
17. Taha H. A.(1992), "Operations Research", Maxwell Macmillan International Editions, New York.
18. Tofallis C.(1997), "Input Efficiency Profiling: An Application to Airlines", Computers & Operations Research Vol.24, No.3, pp.253~258.

♧ 주 작 성 자 : 홍석진
♧ 논문투고일 : 2003. 11. 5
논문심사일 : 2003. 12. 15 (1차)
2004. 1. 8 (2차)
2004. 2. 5 (3차)
2004. 4. 24 (4차)
심사판정일 : 2004. 4. 24
♧ 반론접수기한 : 2004. 10. 31