집계 관측 자료를 이용한 국제선 여객 공항선택 모형

유정훈*

아주대학교 교통시스템공학과 교수

Outbound Air Travelers' Airport Choice Model Using Aggregate Observation Data

YU, Jeong Whon*

Professor, Department of Transportation Systems Engineering, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

*Corresponding author: jeongwhon@ajou.ac.kr

Abstract

With the increase of overseas travelers and the emergence of low-cost carriers based in the provincial airports, it is expected that the outbound air travelers' airport choices concentrated in the Seoul metropolitan area will change. Accurate forecasting of such travelers' airport choice behavior is a key factor in the evaluation of new airport construction and expansion projects that require huge costs. In this study, the airport choice behavior of outbound air travelers was analyzed by applying multinomial logit model. The model estimation used international passenger statistics collected correctly during immigration procedures. However, these data are aggregated by residence and travel country, not disaggregate observations of individual travelers commonly used in estimating discrete choice models. Therefore, two different models were developed for estimating the multinomial logit model by using airport selection ratios and number of passengers per airport. Based on the statistical significance and the value-of-time estimates, the model using the number of passengers per airport, which is a method of using repeated observation data for the same person, is presented as the optimal airport choice model. The real-world applicability of the selected airport choice model was verified by applying it to the case of the Gimhae new airport under construction.

Keywords: aggregate data, airport choice, multinomial logit model, outbound air traveler, repeated observations

초록

지속적인 해외 여행객 증가와 지방공항을 거점으로 하는 저비용항공사의 등장에 따라 수도권 공항에 집중되어 있는 내국인의 국제선 이용 행태가 변화할 것으로 예상된다. 막대한 비용이 투입되는 공항 신설과 확장사업들을 평가함에 있어서 이와 같은 항공 여행객들의 공항선택 행태 변화를 정확하게 예측하는 것은 핵심적인 요소이다. 본 연구에서는 내국인의 국제선 공항선택 행태를 다항로짓모형을 적용하여 분석하였다. 모형 추정에는 출입국 수속 과정에서 정확하게 수집되는 국제선 여객 통계자료를 사용하였으나, 이 자료는 이산선택모형 추정에 일반적으로 사용되는 여행객 개인에 대한 개별적인 관측치가 아니고 거주지와 여행국가별로 집계된 자료이다. 따라서 다항로짓모형을 추정할 때 공항선택 관측값에 대해서 공항별 선택비율과 공항별 이용객수를 각각 적용한 2가지 다른 모형을 개발하였다. 2가지 모형 중에서 통계적 유의성과

J. Korean Soc. Transp.
Vol.36, No.5, pp.392-401, October 2018
<https://doi.org/10.7470/jkst.2018.36.5.392>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 9 September 2018

Revised: 1 October 2018

Accepted: 5 October 2018

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

VOT 추정치를 바탕으로 동일인에 대한 반복적 관측 자료를 활용하는 방식인 공항별 이용객 수를 적용한 모형을 최적 공항 선택 모형으로 제시하였다. 선정된 공항선택 모형의 실제 적용가능성은 현재 건설이 추진 중인 김해신공항 사례를 통해 검증하였다.

주요어: 집계 자료, 공항 선택, 다항로짓모형, 국제선 여객, 반복적 관측

서론

해외 여행객이 꾸준히 증가하면서 지방공항을 근거지로 하는 새로운 저비용항공사(Low Cost Carrier, LCC)가 새롭게 등장하게 되었다. 이에 따라 지방에 거주하는 해외 여행객들이 국제선 취항국가와 운항편수가 많은 수도권에 위치한 대형 국제선 공항대신에 거주 지역 인근의 지방 공항을 선택하는 사례가 증가하고 있다. 아직까지는 단거리 노선을 운행하는 LCC의 특성상 한정된 국제선 구간 이용 승객들에 대해서만 국제선 공항 선택상황이 발생하고 있으나, 향후 지방 공항들의 신설 및 확장 계획에 따라 취항하는 국제선 노선들이 증가하게 되면 국제선 이용객들의 공항선택 문제는 공항계획과 운영에 매우 중요한 결정 요소가 된다. 특히 최근에 건설이 확정된 김해신공항의 경우에는 현재 국제선 이용객의 공항 선택 행태를 정확히 파악하는 것이 장래 공항 이용 수요를 추정하는 데 있어서 핵심 사항들 중의 하나이다.

국제선 이용객의 공항선택 행태는 전형적인 이산선택(discrete choice) 사례이며, 행태 분석 또한 계량경제학에서 일반적으로 사용하는 이산선택 모형을 사용하게 된다. 어떤 선택문제에 대한 이산선택 모형을 구축하기 위해서는 실제로 관측하였거나(Revealed Preference, RP) 또는 가상 조건에 대한 개인의 선호를 조사한(Stated Preference, SP) 자료를 필요로 한다. RP와 SP 자료 모두 장단점이 동시에 존재하며 분석 목적과 자료 수집여건에 따라 어떤 자료를 사용할 것인지를 결정하게 된다. 그러나 구조화된 설문을 통해 얻어지는 SP 자료는 설문 조사와 관련된 다양한 형태의 비표본오차(nonsampling errors)들로 인해 실제 관측치인 RP 자료를 사용했을 때 보다 모형 추정 결과를 비전문가들에게 설득하는데 어려움이 더 존재한다. 그러므로 본 연구에서는 SP를 통해 얻을 수 있는 매우 구체적인 개별이용자들의 공항선택행태는 아니지만 집계적 행태를 통해서나마 내국인의 국제선 공항선택 행태를 추정할 수 있는 RP 자료를 수집하여 사용하고자 한다.

실제로 내국인이 국제선을 이용할 때는 반드시 공항 출입국 심사를 거쳐야 되므로 국제선 공항별로 출국자의 국내 소재지와 이용하는 국제선 노선 통계가 정확하게 기록되고 있다. 따라서 국제선 이용객 행태 분석에 RP자료를 사용하는 것은 매우 자연스러운 현상이다. 하지만 국내에서는 2006년에 내국인의 출국신고서 작성이 완전 폐지된 이후부터 출국자 개인별 자료는 공공자료로 이용 가능하지 않으므로, 대신에 매년 법무부에서 발간하는 「출입국 통계연보」(법무부, 각 년도)에 제시되어 있는 공항별 출국자의 거주지(광역시, 도) 및 도착 국가별 집계형 통계자료를 국제선 공항선택 모형 추정에 사용할 수 밖에 없는 상황이다.

본 연구에서는 해외 여행객의 국제선 공항 선택 행태를 결정하는 대표적인 요인들인 공항 접근성과 취항 노선수를 적용하여 공항선택 행태를 해석하였다. 국제선 공항선택 분석에는 다항로짓(Multinomial Logit, MNL) 모형을 채택하였으며, 모형 추정에는 출입국 심사과정에서 수집되는 출발지와 국제선 노선 정보의 집계형 자료를 사용하였다. 그리고 본 연구에서 제시한 국제선 공항선택모형은 최근 건설이 확정된 김해신공항 사례에 적용하여 모형의 합리성과 실제 적용가능성을 검증하였다.

관련 문헌 고찰

지역 내에 여러 공항들이 이용 가능한 경우가 많은 미국과 유럽에서는 항공 이용객들의 공항선택 행태에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. Windle and Dresner(1995)는 미국 Washington, D.C./Baltimore 지역의 항공여객 자

료를 이용하여 이 지역의 여러 공항들 간의 공항선택 행태를 예측하는 모형을 개발하였다. Logistic 모형을 적용한 이 연구에서는 공항 접근시간과 항공편수가 공항 선택의 중요한 요소로 나타났으며 업무통행 여행객이 비업무통행 여행객보다 접근시간 감소와 항공편 증가에 더욱 민감한 것으로 분석되었다. Harvey(1987)는 San Francisco Bay 지역의 1980년 항공여객들에 대한 조사 자료를 이용하여 복수의 지역 공항들에 대한 공항선택 행태를 MNL 모형을 사용하여 분석하였다. 지상교통을 이용한 공항접근시간이 공항선택에 중요한 변수로 확인되었으며, 각 공항에서 목적지까지의 직결 항공편수에 따라서도 출발 공항 선택이 달라짐을 밝혀냈다. Basar and Bhat(2004)와 Hess and Polak(2005)의 연구들도 MNL 모형을 기반으로 San Francisco Bay 지역에서의 공항선택 행태를 분석하였다. Basar and Bhat(2004)는 기존 공항선택 연구들에서 사용된 다양한 MNL 모형들을 일반화시켰으며, 특히 공항관련 정책의 효과에 대해서 집중적으로 분석하였다. Hess and Polak(2005)의 연구는 mixed logit 모형을 이용하여 공항접근 시간에 반응하는 항공 여객들의 민감도에 있어서 이질적 특성들을 파악하였다.

공항선택의 대표적 요소인 공항접근시간과 항공편수 이외의 변수들에 대한 실증적인 연구들도 진행되어 왔다. Ishii et al.(2009)은 공항 내 지체와 같은 공항 서비스 수준(Level-of-Service, LOS)과 항공사 선호와 같은 추가적인 요소들이 항공 여객들의 공항 선택에 영향을 미친다는 사실들을 실증적으로 도출하였다. 업무와 비업무 통행으로 구분하여 항공 여객들 간의 이질성에 영향을 주는 요인들을 conditional logit 모형을 사용하여 효과적으로 처리함으로써 모형 설명력을 향상시켰다. Innes and Doucet(1990) 또한 공항 LOS 관련 요소들이 공항선택에 미치는 영향을 개별 여행객 자료를 활용하여 분석하였다. 이 연구에서도 Harvey(1987) 연구와 마찬가지로 직항노선의 취항 여부가 중요한 공항 선택 변수로 도출되었다. Hess(2010)는 대형 공항들에서 자주 발생하는 정체와 이에 따른 불편한 요소들에도 불구하고 항공여객들이 일반적으로 대형공항을 선호하는 행태를 분석하였다. 연구 결과에 따르면 항공 여객들은 다른 조건들이 모두 동일하다면 더 큰 규모의 공항을 선호하며, 이는 항공편 취소와 같이 예측하지 못한 일이 발생했을 때 대처할 수 있는 방안(backup options)에 있어서 대형 공항이 소형 공항보다 유리하기 때문이다. Jung and Yoo(2016)는 공항선택에 있어서 항공여객들의 심리적 요인들을 구조방정식(structural equation) 모형을 이용하여 파악하였다. 잠재변수(latent variable)들을 사용한 MNL 모형은 전통적인 MNL 모형들에 비해서 우수한 추정결과를 보였으며 항공 여행객들의 태도(attitudes)와 인지(perceptions)가 공항선택에 미치는 영향을 보다 잘 설명하였다.

공항선택 모형을 추정하는데 있어서 항공여객들의 특성과 행태에 대한 어떤 내용과 형태의 자료를 선택하는가는 매우 중요하다. 항공여객과 관련한 많은 연구들에서 RP 자료를 사용해 오고 있으나, RP 자료의 경우에는 선택하지 않은 대안에 대한 정보가 충분하지 않은 경우가 많고 특히 항공요금과 항공 동맹(airline alliance)에 따른 영향 분석에는 충분하지 않다고 알려져 있다. 이에 Hess et al.(2007)은 항공요금, 접근시간, 비행시간 및 항공 동맹과 같은 다양한 요인들이 공항선택에 미치는 영향을 분석하기 위해 SP 자료를 활용하였다. 3개 집단으로 구분하여 분석한 결과에 따르면 항공 요금이 가장 중요한 설명변수로 도출되었으며 이러한 결과는 SP 자료를 통해서만 구체적으로 파악할 수 있는 대표적인 내용이다. Marcucci and Gatta(2011)는 정책 대안들이 공항선택에 미치는 영향들을 분석하기 위해 SP 조사 자료를 사용하였다. 공항선택 행태를 규정하는 사회경제적 변수들을 결정하고 이에 따라 표본조사를 수행하였다. 공항관련 변수들이 항공여객들의 공항선택 행태에 미치는 영향들을 SP 조사를 통해 구체적으로 분석하였으며, 대표적으로 주차장 규모와 요금이 공항선택에 미치는 영향을 도출하였다.

방법론

1. 국제선 여객의 공항선택 행태

관련 문헌 고찰에서도 논의한 바와 같이 항공 요금 및 공항 정책과 같이 현실에서 다양한 상황을 관측하기 어려운 변수들을 공항 선택 분석에 포함시키고자 할 때는 SP 조사를 통한 항공여객들의 개별 선호 자료를 수집하는 것이 필

요하다. 그러나 본 연구의 주된 목적이 지방 공항들에 취항하는 국제선 노선의 증가에 따라 기존에 수도권 공항을 주로 이용하던 비수도권 거주 국제선 승객들의 공항 선택 행태가 어떻게 변화 할 것인가를 예측하는 것이므로, 핵심요소들에 대한 RP 조사 자료를 사용하는 것도 가능하다. 또한 어느 국제선 공항을 이용하더라도 항공 요금의 차이는 실질적으로 존재하지 않으므로 SP 조사를 통한 항공여객의 구체적인 사회경제특성을 파악하는 것이 반드시 요구되지 않는다.

본 연구에서는 기존 연구에서 여러 차례 검증된 바와 같이 공항 접근 통행시간과 비용 그리고 이용하고자 하는 항공노선의 운항 빈도수 3가지를 설명 변수로 설정하여 국제선 공항 선택 행태를 분석하고자 한다. 이에 따라 국제선 공항 선택과 관련된 RP 자료는 통계적으로 유의미한 수준의 관측치가 확보되는 국내의 3개 주요 국제공항(인천, 김포, 김해)에 대해서 수집하였다. 이는 모형 설명변수들에 대해서 매우 제한적으로 측정이 가능할 수 밖에 없는 RP 자료를 가지고 국제선 노선이 취항 중인 지방공항 전체에 대한 내국인 국제선 공항 선택 행태를 분석하는 것은 적절하지 않기 때문이다. 왜냐하면 인천공항과 같은 대형 공항과 무안공항과 같은 소형 공항간의 본질적 특성차이에 기반한 통계 자료의 이분산성(heteroscedasticity)과 공항 선택 행태와 관련된 미관찰 이질성(unobserved heterogeneity) 문제는 국제선 이용행태에 대한 제한적인 정보만이 확보 가능한 현재 RP 자료에서는 허용가능한 수준에서 해소하기 어려운 상황이다.

국제선 공항 여객의 RP자료를 구축하기 위해 2013년부터 2015년까지 3개년 동안의 법무부 통계자료를 사용하였다. 법무부 통계자료는 집계형 자료로 국내 각 공항에 대해서 국제선 이용객을 거주지에 따라 17개 광역특별시도(강원도, 경기도, 경상남도, 경상북도, 광주광역시, 대구광역시, 대전광역시, 부산광역시, 서울특별시, 세종특별자치시, 울산광역시, 인천광역시, 전라남도, 전라북도, 충청남도, 충청북도, 제주도)로 구분하고 국제선 취항노선을 항공편 도착국가별로 합산하여 여객 통계를 제시하고 있다. 여기서 제주도는 내륙지역과의 교통 환경이 상이하므로 제주공항 관측 자료는 본 연구의 공항선택 모형 구축에서는 제외하였으며, 공항 선택 모형추정을 위해 구축한 자료의 형태는 Table 1에서 제시된 바와 같다.

Table 1. Aggregate observation data of outbound air travelers' airport choices

Obs.	Port	Year	City of origin	Destination	Access time (min)	Access cost (KRW)	Annual flights	Annual passengers	Airport choice probability
1	ICN	2013	Gangwon-do	Japan	174	21,300	43,133	86,823	0.76422
1	GMP	2013	Gangwon-do	Japan	166	5,700	14,007	23,039	0.20279
1	PUS	2013	Gangwon-do	Japan	342	22,600	14,041	3,297	0.02902
2	ICN	2013	Gangwon-do	China	174	21,300	67,575	276,451	0.865275
2	GMP	2013	Gangwon-do	China	166	5,700	5,836	38,256	0.119739
2	PUS	2013	Gangwon-do	China	342	22,600	9,614	3,133	0.009806
3	ICN	2013	Gyeonggi-do	Japan	97	1,150	43,133	1,612,362	0.680359
3	GMP	2013	Gyeonggi-do	Japan	107	1,950	14,007	717,076	0.30258
3	PUS	2013	Gyeonggi-do	Japan	240	57,700	14,041	35,918	0.015156
4	ICN	2013	Gyeonggi-do	China	97	1,150	67,575	1,942,759	0.848289
4	GMP	2013	Gyeonggi-do	China	107	1,950	5,836	320,503	0.139945
4	PUS	2013	Gyeonggi-do	China	240	57,700	9,614	16,773	0.007324
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

내국인 국제선 여객들의 공항선택 자료 구축을 위해서 먼저 제주도를 제외한 16개 광역특별시도에서 3개의 국제공항들을 이용하는 국제선 여객수를 조사하고, 광역특별시도의 대표 지점(시청·도청 주소지)에서 3개 공항까지 접근하는데 걸리는 통행시간과 소요되는 통행비용을 산출하였다. 여기서 통행시간과 통행비용은 'Naver 길찾기'에서 제공하는 대중교통을 이용한 최단통행시간 경로를 기준으로 산정하였다. 개략적으로나마 각 공항이용객들의 공항 접근시간과 비용은 보다 정확하게 측정하기 위해서는 공항별로 접근교통수단 선택비용을 알아야한다. 그러나 이에

대한 의미있는 관측자료가 이용가능하지 않아 현실적으로 각 공항에 대한 접근시간과 비용을 대표할 수 있는 지표로 대중교통을 이용했을 때의 접근시간과 비용을 사용하였다. 여기서 사용하는 집계형 자료의 정밀도를 고려할 때 이와 같이 공항 접근시간과 비용을 단순화하였어도 거시적인 공항선택 행태를 이해하는 목적에는 부합하는 것으로 판단되며, 이에 대한 검증은 모형 추정결과 분석을 통해 검증하였다. 이와 함께 공항선택에서 매우 중요한 요소인 각 공항에서 운항하는 국가별 항공노선 수를 공항실적자료를 통해서 파악하였다. 마지막으로 전체 국제선 이용 통계 중 3개 공항에서 공통적으로 가장 많이 취항하는 국제선 노선의 대표 지역인 중국과 일본 여객들의 공항선택 행태 자료만을 가지고 모형을 추정하였다. 그러므로 최종적으로 모형추정에 사용되는 공항선택 행태에 대한 관측 수는 총 96가지(=3년×16시도×2개국)이다. 96개 각각의 국제선 공항 이용 선택상황(국제선 여객의 국내 거주지와 국제선 도착국가)에서 3개 공항 별로 이용승객수를 자료에 포함시켰으며, 이러한 각 공항별 승객수를 통해 해당 공항 선택 상황 하에서 공항별 선택확률을 파악할 수 있다.

2. 공항 선택 모형

공항 선택 행태는 전형적인 이산선택모형에서 다루는 구조로 분석이 가능하며, 본 연구에서는 관련 연구들에서 주로 사용하고 있는 MNL 모형을 국제선 여객의 공항선택 추정에 사용하였다. 앞 절에서 설정한 바대로 3개 공항 선택 대안이 존재하고 공항 선택에 영향을 주는 요인으로 공항 접근시간과 비용 및 항공기 운항 편수를 선정하였으므로, MNL 모형에서 사용되는 각 공항선택 대안별 효용 함수는 Equation 1-3과 같이 정의된다.

$$U_i^{ICN} = \beta_1 + \beta_3 TIME_i^{ICN} + \beta_4 COST_i^{ICN} + \beta_5 FREQ_i^{ICN} + \epsilon_i^{ICN} \quad (1)$$

$$U_i^{PUS} = \beta_2 + \beta_3 TIME_i^{PUS} + \beta_4 COST_i^{PUS} + \beta_5 FREQ_i^{PUS} + \epsilon_i^{PUS} \quad (2)$$

$$U_i^{GMP} = \beta_3 TIME_i^{GMP} + \beta_4 COST_i^{GMP} + \beta_5 FREQ_i^{GMP} + \epsilon_i^{GMP} \quad (3)$$

여기서, ICN, PUS, GMP: 국제선 공항 약자로 각각 인천, 김해, 김포를 의미

i : 총 96가지 국제선 여객의 공항 이용 선택 상황을 개별적으로 표시하는 첨자

$U_i^{\text{공항}}$: i 의 선택상황에서 해당 공항의 선택 효용

$TIME_i^{\text{공항}}$: i 의 선택상황에서 해당 공항까지의 접근 통행시간(분)

$COST_i^{\text{공항}}$: i 의 선택상황에서 해당 공항까지의 접근 통행비용(원)

$FREQ_i^{\text{공항}}$: i 의 선택상황에서 해당 공항에서 해당 여행 국가별(중국 또는 일본)로 이용 가능한 연간 항공 운항 편수

Table 1에서 제시된 바와 같이 최근 3개년 동안 16개 시도에서 중국과 일본으로 여행하는 국제선 승객들의 공항 선택에 대한 관측 자료는 각 공항별로 집계된 이용 승객수로 표현된다. 그러므로 여기서는 국제선 여객 개개인의 정보는 존재하지 않는다. 그러므로 여기에서 추정하는 선택 행태는 평균적인 개인(average individual)을 구축하여 선택확률을 추정하는 방식이다(Ben-Akiva and Lerman, 1985; Washington et al., 2011). 따라서 이와 같은 자료를 이용하여 MNL 모형을 추정할 때는 다음과 같은 2가지 방법이 존재하며 이에 따라 2가지 다른 공항선택모형을 개발할 수 있다: i) 공항별 선택 비율을 종속변수로 하여 모형 추정(모형 1), ii) 공항별 이용객 수를 반복 관측으로 설정하여 모형 추정(모형 2). 다시 말해 2번째 방법의 경우에는 개별 선택(disaggregate choice) 모형을 추정할 때 동일한 개인에 대해서 반복적인 관측(repeated observations) 자료를 사용할 때에 같은 상황이다.

본 연구에서는 모형 추정에는 최근 가장 범용적인 통계 프로그램인 R의 mlogit package를 사용하였으며 2가지 방법에 따라 다르게 설정한 후 추정한 모형 결과는 Table 2, 3에서 각각 제시된 것과 같다. 2개 모형의 추정 결과를 비교해서 살펴보면 매우 흥미로운 현상을 발견하게 된다. 2개 모형 모두 통행시간, 통행비용 및 운항편수가 통계적으로 매우 유의하게 추정되었고, 이산선택모형 전체의 설명력도 통계적으로 충분한 것으로 파악된다. 그리고 현재와 장래 김해 신공항 개항이후 공항선택확률에 직접적인 영향을 주는 'FREQ (운항편수)'의 경우에는 2가지 모형에서 별개로 추정된 계수들이 거의 동일한 값을 보이고 있다.

Table 2. Estimation results of model 1

Coeff.	Estimate	Std. error	t-value	p-value
β_1 (ICN)	6.6818e-01	3.9310e-01	1.6998	0.089176
β_2 (PUS)	4.6628e-01	2.8159e-01	1.6559	0.097744
β_3 (TIME)	-1.1701e-02	2.5268e-03	-4.6307	3.644e-06
β_4 (COST)	-2.3077e-05	7.6001e-06	-3.0364	0.002394
β_5 (FREQ)	2.3324e-05	7.5775e-06	3.0781	0.002083

Log-Likelihood: -192.83

McFadden R^2 : 0.39055

Likelihood ratio test: $\chi^2=247.14$ (p.value=<2.22e-16)

Table 3. Estimation results of model 2

Coeff.	Estimate	Std. Error	t-value	p-value
β_1 (ICN)	2.7917e-01	3.7350e-01	0.7474	0.454793
β_2 (PUS)	3.4093e-03	2.7622e-01	0.0123	0.990152
β_3 (TIME)	-7.5846e-03	2.3552e-03	-3.2204	0.001280
β_4 (COST)	-3.2868e-05	7.6294e-06	-4.3080	1.647e-05
β_5 (FREQ)	2.3473e-05	7.1507e-06	3.2826	0.001029

Log-Likelihood: -169.73

McFadden R^2 : 0.46356

Likelihood ratio test: $\chi^2=293.34$ (p.value=<2.22e-16)

통행시간과 통행비용이 설명변수로 포함되어 있는 이산선택모형 추정결과의 적합성을 간접적으로 판단할 수 있는 방법으로 TIME과 COST의 추정계수의 비율로 시간가치(Value of Time, VOT) 산출해 볼 수 있다. 즉, Equation 4와 같이 통행시간과 통행비용에 대해서 추정된 모형 계수의 비율로 시간가치를 계산하게 되며, 2개 모형에 대한 VOT 추정결과는 결과 값은 Table 4에 제시된 바와 같다.

$$VOT = \frac{\frac{\partial V_i}{\partial TIME_i}}{\frac{\partial V_i}{\partial COST_i}} = \frac{\beta_{TIME}}{\beta_{COST}} \quad (4)$$

Table 4. Estimated VOTs using the coefficients of the two airport choice models

Model	β_{TIME}	β_{COST}	$VOT = \frac{\beta_{TIME}}{\beta_{COST}} \times 60$
1	-1.1701e-02	-2.3077e-05	30422.50
2	-7.5846e-03	-3.2868e-05	13845.56

2가지 모형에서 각기 산출된 시간가치를 비교해보면 상당한 차이를 확인할 수 있으며, 모형 2에서 추정된 시간가치는 현재 공항 예비타당성 조사에서 적용하고 있는 시간가치와 매우 유사한 값으로 계산되었다. 이처럼 2개 모형이 시간가치에 있어서 다른 결과를 나타내는 것에는 합리적인 이유가 존재한다. 모형 1의 경우에는 앞서 설명한 96가지의 다른 국제선 공항 이용 선택상황에서 관측값을 공항별 승객비율로 적용함으로써 96개 관측에 대해서 동일한 가중치(weights)를 부여하여 모형을 추정한 경우이다. 즉, 중국 여행 시 공항선택을 하는 승객의 수는 수도권이 다른 시도에 비해서 월등히 많음에도 불구하고 모형을 추정할 때 두 경우 모두 동일하게 한 개의 관측으로 처리하기 때문에 지방 광역시도에서 공항을 선택하는 행태가 과다하게 대표된 결과이다. 또한 모형 1에서 추정된 시간가치는 해당 지역의 소득수준에 연동되는 시간가치라고 해석할 수 없다. 모형 1의 결과는 지방에서는 항공편이 많은 대형공항으로의 접근거리가 수도권에 비해 상대적으로 매우 멀기 때문에 통행거리 대비 통행비용이 상대적으로 비싸기 때문에 도출된 것으로 해석하는 것이 합리적이다. 반면 모형 2의 경우에는 96가지의 국제선 공항 이용 선택상황에서 각 공항별 이용객수를 해당 선택상황에서 승객 수만큼 반복적으로 관측되었다고 보고 모형을 추정하게 된다. 따라서 지역별, 국가별, 공항별 승객수 비율대로 가중치를 적용하여 모형을 추정하게 되므로 전국 모집단의 평균에 근사한 시간가치로 추정이 된다. 즉, 각 공항별 이용객 수가 가중치 형태로 모집단의 이용객 분포를 반영한 표본 자료이기 때문에 이를 적용한 모형 2가 모형 1보다 더 적합하고 좀 더 현실적 행태 모형으로 설명될 수 있다.

그러나 이와는 반대로 모형 2의 경우에는 공항에 대한 intercept 추정치가 통계적 유의성을 확보하지 못하고 있으나, 모형 1은 intercept의 추정치가 대체적으로 유의한 것으로 판단된다. 하지만 장래 김해공항 개항이후 공항 선택 확률의 변화는 현재 관측된 공항선택 확률을 기반으로 한 점진적 로짓 모형(incremental logit model)을 사용할 것임으로 장래 공항별 선택 효용의 변화에 영향을 주는 통행시간, 통행비용 및 항공 운항편수만 장래 예측에 사용되고 intercept 추정치는 장래 예측에 사용하지 않는다. 물론 현재 공항선택 확률이 존재하지 않는 시군에 대해서는 intercept를 포함하여 모든 모형 계수들이 사용되지만 이러한 시군은 거의 존재하지 않으므로 전체적인 공항선택 확률 추정에 미치는 영향은 매우 미미하다. 그리고 통계적으로도 모형 2에 대해서 추정된 intercept의 값이 통계적 유의성이 다소 낮은 수준이기는 하나 추정치의 불편이성(unbiasedness)은 분명히 존재하므로 장래 예측에 사용하여도 무방하다.

3. 공항 선택 모형의 실증적 적용 방안

앞서 살펴본 바와 같이 본 연구에서 개발한 내국인 국제선 공항 선택모형은 집계관측 자료를 사용하였음에도 불구하고 국제선 여객이 공항선택 시에 고려하는 통행시간, 통행비용 및 운항편수에 대한 민감도를 상당히 현실적으로 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 본 절에서는 앞서 구축된 국제선 공항 선택 모형의 실제 적용성과 한계를 실증적으로 분석해 보기 위해 장래 공항 개발계획에서 빈번히 등장하는 상황에 대한 시나리오 분석을 수행하였다.

영남권에 위치한 김해국제공항은 인천공항과 김포공항에 대비하여 상대적으로 적은 국제선 운항 편수에도 불구하고 공항 접근시간과 비용에서의 경쟁력으로 인해 일본, 중국 및 동남아 국가와 같은 중단거리 국제선 이용에 있어서는 영남권 국제선 승객들의 선택하는 확률이 높은 공항이다. 그러므로 현재 추진 중인 김해신공항 건설 사업에 따라 장래 김해국제공항에 취항하는 국제선 편수가 증가하고 공항 접근 교통체계가 개선되면 현재보다 훨씬 많은 수의 영남권 국제선 승객들이 김해공항을 선택할 것으로 예상된다. 공항계획에서 가장 중요한 요소 중의 하나인 공항 이용 수요는 이와 같은 공항선택 행태에 직접적인 영향을 받게 되므로 향후 여건 변화에 따른 공항선택 확률의 변화를 합리적으로 추정하는 것은 매우 중요하다. 따라서 최근 수년간 실제로 관측한 영남권 국제선 이용객들의 인천, 김포 및 김해공항의 선택비율을 바탕으로 장래 김해신공항 개항이후 현재 대비 달라진 설명변수 값을 이용하여 장래 영남권 국제선 이용객들의 공항선택 비율을 예측하는 방법을 가상 시나리오 하에서 구현하였다.

본 연구에서 개발한 국제선 이용객 공항선택 모형을 사용하여 장래 영남권 중단거리 국제선 여객들의 김해국제공항 선택확률을 예측하기 위해서는 모형 변수들에 대한 장래 추정 값들이 필요하다. 공항선택모형이 현실을 매우 정

확하게 묘사하고 장래 모형변수 값들 또한 매우 정확하게 산정할 수 있다면, 논리적으로는 이러한 모형과 입력값을 사용하여 예측된 장래 김해공항 선택확률은 아주 정확할 것이다. 그러나 현실적으로는 우선 개발된 공항선택모형의 현실 설명력에 일정부분 오차가 존재하고, 장래 공항 접근통행 시간과 비용 추정에 있어서도 예측 오차를 감안하는 것이 합리적인 접근 방법이다, 또한 장래 국제선 별 운항편수는 공항운영 전략에 따라 다양한 시나리오가 존재하게 된다. 그러므로 장래 공항 선택확률을 추정할 때 모형변수의 장래 추정치를 사용하지 않고, 현재 관측된 선택 확률과 모형 변수 값들의 현재 대비 장래 변화량을 사용하는 incremental logit 모형을 사용하는 것이 보다 현실적이고 합리적인 공항 이용수요 추정 및 공항 운영계획 수립에 기여할 수 있다.

Incremental logit의 형태는 Equation 5와 같으며 다음 3가지 측면에서 공항 시설 및 서비스 개선에 따른 선택확률 변화를 추정하는 데 적합한 모형이다: 1) 실제로 측정한 선택 확률 값을 사용, 2) 모형변수의 입력값에 대해서 절대 값이 아니라 장래 공항개발 계획에 따른 현재 대비 상대적 변화 값을 적용, 3) 공항별 고유특성과 사회경제적 bias들이 각 공항별로 관측된 실제 선택확률에 이미 반영되어 있어 공항들 간의 높은 모형 적용성(model transferability).

$$P_n^* = \frac{P_n \times e^{\Delta U_n}}{\sum_{k=1}^K (P_k \times e^{\Delta U_k})} \quad (5)$$

여기서, P_n : 현재 관측된 공항 n 의 선택 확률(baseline probability)

P_n^* : 장래 변화된 공항 n 의 선택 확률(revised probability)

ΔU_n : 공항 n 의 효용 변화(change in utility)

K : 선택 가능한 공항(airport choice set) 개수

여기서는 국제선 여객 공항선택 모형의 실제 적용성을 검증하는 데 목적을 두고 있으므로, 현재 상황에서 정확하게 예측하기 어려운 영남권 광역시도에서 3개 공항까지의 통행시간과 통행비용은 제외하고 김해신공항 개항 시 국제선 노선별 FREQ의 변화만을 반영하여 incremental multinomial logit model을 적용하였으며 모형 구조는 다음과 같다.

$$P_{\text{장래}}^{ICN}(i) = \frac{P_{\text{현재}}^{ICN}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{ICN}}}{P_{\text{현재}}^{ICN}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{ICN}} + P_{\text{현재}}^{PUS}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{PUS}} + P_{\text{현재}}^{GMP}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{GMP}}} \quad (6)$$

$$P_{\text{장래}}^{PUS}(i) = \frac{P_{\text{현재}}^{PUS}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{PUS}}}{P_{\text{현재}}^{ICN}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{ICN}} + P_{\text{현재}}^{PUS}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{PUS}} + P_{\text{현재}}^{GMP}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{GMP}}} \quad (7)$$

$$P_{\text{장래}}^{GMP}(i) = \frac{P_{\text{현재}}^{GMP}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{GMP}}}{P_{\text{현재}}^{ICN}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{ICN}} + P_{\text{현재}}^{PUS}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{PUS}} + P_{\text{현재}}^{GMP}(i) e^{\beta_5 \Delta FREQ_i^{GMP}}} \quad (8)$$

여기서, $P_{\text{현재}}^{\text{공항}}(i)$, $P_{\text{장래}}^{\text{공항}}(i)$: i 의 선택상황(국제선 여객의 거주지와 국제선 도착국가)에서 해당 공항의 각각 현재와 장래 선택확률

$\Delta FREQ_i^{\text{공항}}$: i 의 선택상황에 대한 공항별 현재와 장래의 해당 국가별 국제선 운항편수 차이

장래 김해신공항 개통 후에 대한 공항 선택결과를 살펴보면 증가된 국제선 노선의 운항횟수에 따라 김해신공항의 국제선 여객의 점유율 변화를 합리적으로 반영하고 있음을 알 수 있다. Table 5에서 제시된 바와 같이 김해공항에서 국제선 운항편수가 증가하면 전체적으로 김해공항 선택확률이 높아짐을 알 수 있다. 또한 현재 인천공항과 김포공항을 주로 이용하던 부산이외의 영남권 지역에서 김해공항으로의 전환율이 부산보다 상대적으로 높게 예측되었는데, 이는 본 연구에서 제시한 모형이 항공운항편수의 변화가 공항선택확률에 미치는 영향을 공항 접근통행시간과 비용에 따라 합리적으로 반영하고 있음을 보여준다. 향후 김해신공항 접근교통체계의 개선에 따른 공항 접근통행시간과 통행비용의 변화를 추가적으로 반영하게 되면 보다 구체적으로 국제선 여객의 공항 선택행태를 예측할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 인도네시아와 말레이시아 같은 경우에는 현재 김해 공항에서 해당 국가로 운항하는 편수가 적기 때문에 김해공항 선택확률이 인접 다른 국가들에 비해 아주 낮으며, 김해 신공항 개통 후 이러한 두 국가에 대한 운항편수가 늘어나게 되면 김해공항 선택확률은 여기서 추정된 것보다 높아질 수 있다.

Table 5. Changes in the probabilities of choosing Gimhae airport after the planned airport expansion

Country of destination	Busan		Daegu		Ulsan		Gyeongsangbuk-do		Gyeongsangnam-do	
	2015	2027	2015	2027	2015	2027	2015	2027	2015	2027
China	79.0	84.9	25.8	46.5	72.2	80.4	28.8	42.8	74.1	81.4
Japan	85.6	88.9	64.3	70.4	78.3	82.7	55.4	62.1	80.7	84.7
Taiwan	84.7	85.4	57.9	59.3	79.0	79.9	48.7	50.3	79.5	80.5
Hong Kong	82.1	83.1	36.3	42.2	76.4	77.8	38.8	41.7	77.0	78.4
Malaysia	15.3	15.9	1.5	1.6	5.4	5.7	1.7	1.8	13.6	14.1
Vietnam	87.7	88.5	65.4	69.8	87.5	88.5	58.5	60.9	85.4	86.4
Singapore	32.1	33.7	5.4	5.8	17.3	18.4	5.1	5.4	26.4	27.9
Thailand	81.7	83.6	42.3	47.8	75.9	78.2	43.1	47.1	77.2	79.5
Philippines	84.4	85.9	55.4	59.0	79.8	81.7	49.8	52.9	79.7	81.6
Indonesia	5.4	5.7	0.4	0.4	5.6	5.9	0.7	0.7	4.7	4.9

결론

현재까지 수도권 공항에 집중되어 있는 국제선 이용 행태가 향후 지방 공항의 활성화에 따라 변화할 것으로 예상된다. 지속적인 해외 여행객 증가와 LCC 성장에 따라 여러 지역에서 추진 중인 공항 확장 및 신설 계획을 수립하고 평가함에 있어서 국제선 여객의 공항 선택 행태를 정확하게 이해하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 정확하게 관리되는 법무부 출입국 통계자료를 바탕으로 내국인의 국제선 공항 선택 행태를 이산선택모형을 적용하여 분석하였다. 사용된 출입국 통계자료가 국제선 여객들에 대한 개별적인 관측치가 아니고 거주지와 여행국가별로 집계된 자료이므로 MNL 모형 추정에 있어서 2가지 다른 방법을 사용하였다. 2가지 모형 중에서 통계적 유의성과 VOT 추정치를 바탕으로 동일인에 대한 반복적 관측 자료를 활용하는 방식인 공항별 이용객 수를 적용한 모형 2를 최적 공항 선택 모형으로 제시하였다. 여기서 선정된 국제선 여객 공항선택 모형은 현재 건설이 추진 중인 김해신공항의 개항 시 운영시나리오에 대해서 적용해 봄으로써 모형의 실제 적용성을 검증하였다.

향후 연구에서는 국제선 여객 관련 RP 자료의 한계로 인해서 반영하지 못한 다양한 공항 선택 결정 요인들을 보다 구체적으로 분석할 필요가 있다. 즉, 국제선 승객들이 공항선택 시 개별적으로 고려하는 다양한 요소(예, 항공요금, 대형공항 선호 행태, 공항 서비스 수준, 항공사 선호 등)들을 SP 조사를 통해 수집하고, 이를 본 연구에서 사용한 것과 같은 RP 자료와 결합하여 공항선택 모형을 개발하는 것은 매우 중요한 연구 방향이라고 판단된다. 대규모의 국가 자원이 투입되는 공항 사업의 경우에는 장래 공항 이용 패턴과 규모에 대한 정확한 예측이 필수적인 요소이며, 이를 위해서는 항공 여객들의 다양한 공항 선택 행태를 구체적으로 이해하는 것이 매우 중요하다. 이에 본 연구는 국내 항공여객들의 공항선택 행태 분석에 있어서 의미 있는 시도로 평가받을 수 있을 것으로 기대한다.

ORCID

YU, Jeong Whon <http://orcid.org/0000-0001-6549-6287>

References

- Basar G., Bhat C. (2004), A Parameterized Consideration Set Model for Airport Choice: An Application to The San Francisco Bay Area, *Transportation Research Part B*, 38(10), 889-904.
- Ben-Akiva M., Lerman S. R. (1985), *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Harvey G. (1987), Airport Choice in A Multiple Airport Region, *Transportation Research Part A*, 21(6), 439-449.
- Hess S. (2010), Evidence of Passenger Preferences for Specific Types of Airports, *Journal of Air Transportation Management*, 16, 191-195.
- Hess S., Adler T., Polak J. W. (2007), Modeling Airport and Airline Choice Behavior with The Use of Stated Preference Survey Data, *Transportation Research Part E*, 43, 221-233.
- Hess S., Polak J. W. (2005), Mixed Logit Modeling of Airport Choice in Multi-airport Regions, *Journal of Air Transportation Management*, 11(2), 59-68.
- Innes J. D., Doucet D. H. (1990), Effects of Access Distance and Level of Service on Airport Choice, *Journal of Transportation Engineering*, 116(4), 507-516.
- Ishii J., Jun S., Dender K. V. (2009), Air Travel Choices in Multi-airport Markets, *Journal of Urban Economics*, 65, 216-227.
- Jung S., Yoo K. (2016), A Study on Passengers' Airport Choice Behavior using Hybrid Choice Model: A Case Study of Seoul Metropolitan Area, South Korea, *Journal of Air Transportation Management*, 57, 70-79.
- Korean Ministry of Justice (2013, 2014, 2015), *The Yearbook of Immigration Statistics*.
- Marcucci E., Gatta V. (2011), Regional Airport Choice: Consumer Behavior and Policy Implications, *Journal of Transport Geography*, 19, 70-84.
- Washington S. P., Karlaftis M. G., Mannering F. L. (2011), *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Windle R., Dresner M. (1995), Airport Choice in Multiple-airport Regions, *Journal of Transportation Engineering*, 121(4), 332-337.