

■ 論 文 ■

공항접근시간에 따른 여객의 공항도착 행태분석

Analyzing Passenger Arrival Behavior Based on the Spent Time for Airport Access

오 성 열
(교통개발연구원 연구원)

김 원 규
(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

박 용 화
(교통개발연구원 연구위원)

목 차

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| I. 서론 | 1. 접근시간과 여객 도착행태간 분산분석 |
| II. 여객 도착행태의 이론 | 2. STD 이전시간 확률예측모형 |
| 1. 접근성의 일반적 개념 | 3. 항공기 운항빈도에 따른 행태분석 |
| 2. 여객의 공항 도착행태 이론 | IV. 결론 |
| III. 접근시간과 여객 도착행태간 관계분석 | 참고문헌 |

Key Words : 접근성, 여객도착분포, 항공기 출발시간(STD), 김포공항, 공항도착 확률모형

요 약

공항여객 처리시설의 혼잡해소에 관한 연구는 주로 공항접근교통시스템의 확충이나 터미널의 확장 등 물리적인 방법에 집중되어 왔다. 물리적인 확장은 막대한 투자비용이 뒤따라야 하는 문제가 있기 때문에 공항운영과 같은 소프트웨어 측면에 대한 접근방식을 적극 도입하여 투자비용을 줄이고 효율적인 공항운영을 꾀하는 것이 필요하다. 본 연구는 공항운영의 효율성 증진을 위한 대안 중 하나로서 여객들이 공항에 도착하는 행태가 어떻게 나타나는지를 분석하여, 향후 여객터미널 운영에 적용할 수 있는 유용한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

서로 다른 접근소요 시간을 가진 여객들이 항공기 출발예정시간(STD:scheduled time of departure) 이전에 도착하는 확률함수를 도출하고, 이를 이용하여 STD 이전시간 임의구간에서 여객이 도착하는 확률을 구할 수 있는 모형을 개발코자 하였다. 또한 이 모형을 공항 여객터미널에 적용하여 운영시간대별 도착 여객수를 산출하는 과정을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 분석된 공항접근시간에 따른 STD 이전시간대별 공항도착 확률모형은 공항운영자 및 항공사가 공항의 체크인 카운터 운영시간 및 수량 결정, 수하물 처리시스템, 검색보안서비스 등의 운영시점을 결정하는 도구로 이용될 수 있다. 이와 같이 분석된 결과를 토대로 공항운영 상 비효율성을 제거하고 보다 합리적인 인력 투입이나 시설 운영이 가능하게 되는 것이다.

I. 서론

세계의 주요공항들은 늘어나는 항공수요로 인해 터미널 혼잡에 시달리고 있다. 이와 같은 공항혼잡을 해결하기 위한 방법은 주로 공항접근교통시스템의 확충이나 터미널의 확장 등 물리적인 방법에 집중되어 왔던 것이 사실이다. 물리적인 확장은 막대한 투자비용과 장기간이 소요된다는 어려움이 있다. 따라서 하드웨어적인 방법보다는 소프트웨어적인 접근방법을 적용하여 투자비용을 줄이고, 효율적인 공항운영을 꾀하는 대안도 병행하여 추진하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

현대의 공항은 규모의 대소를 떠나 여객의 요구를 만족시키는 것이 가장 큰 목표가 된다고 하겠다. 공항으로 가는 것이 즐겁고 공항터미널 내에서 보내는 시간이 편안해야만 한다. 혼잡을 초래하게 되는 것은 특정 시간대에 집중되는 여객수에 비해 공항이 제공할 수 있는 서비스의 규모가 제한되어 있기 때문이다. 혼잡을 경험한 여객들은 다시 공항을 이용할 경우, 그 혼잡시간대를 피하려고 할 것이며 이것은 공항도착 행태에 변화를 줄 것으로 판단된다.

공항서비스의 수준을 평가하는 방법은 다양하겠으나, 터미널 내에서 여객을 처리하는 시간은 매우 중요하게 다루어지는 요소 중 하나이다. 신속한 여객처리를 위해서는 여객들의 공항 도착행태를 분석하여 그에 적절하게 대응하는 운영기법이 요구된다고 하겠다. 여객의 도착행태 분석은 혼잡한 공항의 효율적인 운영에 도움을 줄 것이며, 서비스수준을 향상시키는데도 유용한 도구로 활용될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 공항의 접근성을 기초로 접근 소요시간에 따른 여객의 공항 도착행태가 어떻게 나타나는지를 분석하고자 하였다. 분석을 위한 기초자료는 설문조사를 실시하여 확보하였으며, 적용방법은 접근시간대별로 확률밀도함수를 구하여 항공기 출발예정시간(STD:scheduled time of departure)¹⁾ 이전에 여객들이 공항에 도착하는 행태를 결정하는 것으로 구성하였다.

II. 여객 도착행태 이론

1. 접근성의 일반적 개념

1) 접근성의 개념

접근성이란 개념은 1950년대부터 토지이용과 통행간의 관계를 모형으로 정립하는데 쓰이기 시작했다. Hansen(1959)은 인구의 공간분포를 예측하기 위해 접근성 지수(accessibility index)를 고안하였다. 이 지수의 가정은 인구의 공간분포를 결정하는 요소가 고용에 대한 접근도라는 것이었다. Hansen모형은 그 후 여러 가지 형태로 수정·변형되어 중력모형, Lowry모형(1964), Wilson(1970)의 엔트로피 극대화모형, 그리고 각종 도시모형에 적용·발전되어 왔다.

교통분야에서 접근성의 초기 개념은 한 지점에서 다른 지점으로의 이동능력, 즉 이동성과 동일한 개념으로 사용되었다. 그 후 접근성은 통행수요예측모형의 변수로 이용되면서 단순한 통행의 용이성 뿐 아니라 통행인이 어떤 특정한 활동에 참여할 수 있는 기회의 정도를 포함하게 되었다. 교통망의 구조를 분석하는 데 쓰인 접근성은 노드(node)와 링크(link)로 구성된 교통망에서 한 지점에서 다른 지점까지 얼마만큼 연결성(connectivity)이 좋은지의 여부를 판단하는 수단이 되었다.

임강원(1986)의 정의에 따르면, 접근성은 특정한 통행목적 달성을 위해 자신의 현 위치와 목적지간의 공간적 저항을 극복할 수 있는 정도라고 했다.

2) 접근성 측정방법

접근성을 측정하는 방법으로는 크게 누적기회 측정, 중력기반 측정, 효용성기반 측정 등 세 가지 형태를 들 수 있다. 누적기회 측정법은 접근성을 측정하는 가장 간단한 방법으로서 주어진 통행시간 내에 도달된 기회의 수를 세는 것이다. 이에 비해 중력모형은 다소 복잡한 측정법이라 할 수 있다. 중력모형은 Young(1924)이 Newton의 만유인력 개념을 지역간 이동에 처음으로 적용하면서 개발되었다. 그가 사용한 중력모형은 식(1)과 같다.

1) STD(scheduled time of departure)란 출발예정시간으로서 항공기 운항계획에 따라 부여되는 시간을 말함.

$$M = \frac{KF}{D^2} \tag{1}$$

여기서,

M : 인구이동

K : 상수

F : 한 지역의 유인력

D : 거리

이 중력모형은 1960년대에 들어오면서 형태가 더욱 정교하게 변형되었고, 일반적인 형태의 모형정립이 시도되었다. 중력모형의 일반식은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j F(C_{ij}) \tag{2}$$

여기서,

T_{ij} : i 와 j 간의 통행량

O_i : i 로부터의 출발통행량

D_j : j 로부터의 도착통행량

C_{ij} : i 와 j 간의 저항요인

A_i, B_j : 모형의 제약요인

접근성 측정의 다른 한가지 방법은 임의효용모형이다. 이 방법은 때론 중력모형과 비슷하게 다루어 지지만 이론적으로나 경험적으로 더 많은 장점을 지니고 있다.

지금까지 설명한 접근성 개념이나 측정방법을 공항의 랜드사이드(landside) 접근성에 적용할 수 있다. 즉, 일반적인 접근성 지표로 이용되는 통행시간, 비용 등은 공항의 접근성 측정에도 적용된다. 이 외에도 공항의 접근성 측정에는 신뢰성, 편리성 등과 같은 질적인 지표가 포함되며 공항접근에 대한 서비스 수준도 기본적으로는 일반적인 접근성의 개념을 바탕으로 하고 있다.

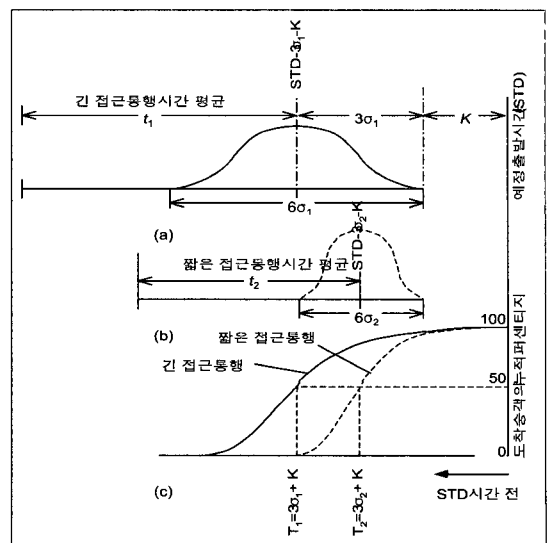
본 연구에서는 접근성을 교통분야에서 초기에 형성되었던 이동성의 의미로 보았으며, 그 측정방법으로는 중력기반모형을 적용하였다. 이동성은 통행 임피던스(impedance)에 영향을 받게 되는데, 본 연구에서는 임피던스 함수의 여러 가지 변수들 중 통행시간만을 고려하였다.

2. 여객의 공항 도착행태 이론

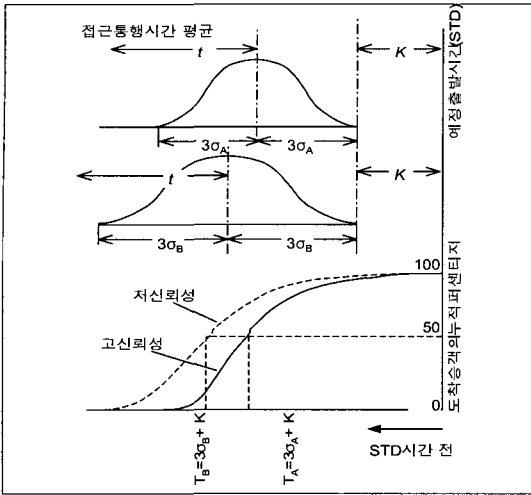
공항접근 시 혼잡이나 지체는 공항운영에 많은 영향을 주기 때문에 공항운영자는 공항의 접근성에 끊임없는 관심을 가져야만 한다. 접근성은 출발여객이 터미널 내에서 소비하는 시간의 정도에 영향을 주기 때문에 여객터미널의 운영에 직접적인 영향을 미친다. 공항의 여객터미널 중에서 대기하거나 체류하는 시간이 상대적으로 많은 시설들은 여객에게 높은 수준의 서비스를 제공해야 한다.

항공여객의 공항 도착행태에 대한 이론적 근거는 Ashford(1995)가 상세히 설명해 주고 있다. 그는 공항 접근시간은 정규분포를 가지는 임의의 변수로 보았으며, 접근통행시간의 분산은 그 평균값에 비례할 것으로 보았다. <그림 1>에서는 두 가지 형태의 접근시간을 보여주고 있다. 하나는 접근통행시간의 평균값이 길고, 또 다른 하나는 짧은 경우이다. 상대적으로 긴 접근통행시간 t_1 이 평균값에 대해 완전한 정규분포라고 한다면, 통행의 99.5%는 $t_1 \pm 3\sigma_1$ 사이에 있게 된다. 그 결과 통행의 99.5%가 항공기 출발예정시각(STD) 이전의 표준시간 K 전에 도착한다면 도착여객의 누적비율에서 터미널 내 소비시간의 평균(50%)은 $3\sigma_1 + K$ 가 된다.

접근통행의 신뢰성 또는 정시성은 여객의 터미널 내 체류시간에 영향을 준다. 접근통행에 대한 신뢰성이



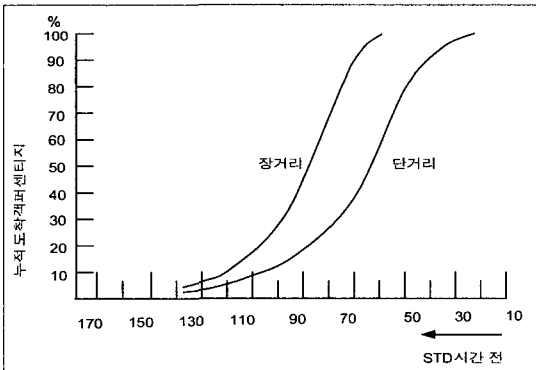
<그림 1> 접근시간에 따른 여객들의 터미널 체류시간 비교 (Ashford et al., 1995)



〈그림 2〉 접근통행 신뢰도에 따른 터미널 내 체류시간에 미치는 영향

낮으면 평균 접근통행시간의 분포가 넓어지게 되고, 반대로 신뢰성이 높으면 분포가 좁아진다. 〈그림 2〉는 평균 접근통행시간(t)은 동일하나 분산 σ_A 와 σ_B 가 다른 값을 가진 경우이다. STD 이전 K 시간에 여객의 99.5%가 터미널에서 체류하는 평균 소요시간은 각각 $3\sigma_A + K$, $3\sigma_B + K$ 가 된다.

체크인 절차 또한 터미널 내에서 여객이 머무르는 시간에 영향을 준다. 일반적으로 국제선 여객은 국내선 여객보다 여객터미널에서 거쳐야 하는 절차가 많기 때문에 소요시간도 늘어나게 되므로, STD 2~3시간 전에는 공항에 도착해야 한다. 또한 항공편이 전세편인지 아니면 정기편인지에 따라서 여객의 터미널 내 체류시간 형태가 달라지기도 한다. 이 두 가지 요인은 〈그림 3〉



〈그림 3〉 비행거리별 STD 이전 체크인 도착시간 형태

과 같이 여객 체류시간의 곡선을 좌우로 이동하게 한다.

여객의 공항 도착행태에 영향을 주는 또 다른 요소는 항공기를 놓쳤을 경우의 심각성이다. 미리 예약한 항공편을 놓쳐도 대체 항공편이 바로 있다거나 금전적 손실이 덜 할 경우, 원래 항공편을 놓칠 위험도가 높다고 볼 수 있다. 예를 들면, 첫 번째 경우는 목적지로의 운항편이 많고 정상요금인 티켓이고, 두 번째로는 정상요금이나 운항편이 적은 경우이고, 세 번째로는 연휴간 임시로 운항하는 특별편이라고 가정한다면, 가장 항공기를 놓칠 위험이 적은 경우는 세 번째가 될 것이다. 세 경우 중 여객의 터미널 체류시간의 분포가 가장 넓게 나타나는 것은 위험이 가장 적은 경우가 되는 것이다.

III. 접근시간과 여객 도착행태간 관계분석

본 연구의 분석을 위한 기초자료는 교통개발연구원 (2001)에서 수행한 사천공항 접근상태 설문조사 자료와 Park(2001)의 연구에서 수행된 2000년 김포 국제공항 설문조사²⁾ 자료를 활용하였다. 설문조사 방법은 대인면접법을 채택하여 자세하고 상세한 내용을 질문할 수 있도록 하였다. 교통개발연구원에서 실시한 설문내용은 여객들의 성별, 연령, 직업을 묻는 기본적인 인적사항 항목, 출발지, 도착지, 여행목적 등을 묻는 통행특성 항목, 접근수단행태를 알기 위한 접근수단, 소요시간 등의 항목, 공항이용 선호성을 파악하기 위한 항목 등으로 구성하였다. Park의 설문조사는 설문대상자의 기본적인 인적사항인 국적, 성별을 질문하는 문항과 이용할 항공기 편명(flight number), 여행목적, 출발지를 묻는 일반통행 특성, 접근수단, 수단선택 이유, 소요시간, 공항도착시간 등 접근수단행태를 알기 위한 문항으로 구성하였다. 두 설문조사는 확률표본추출법에 의한 것으로 모집단은 각 공항의 국내선 여객이 되며, 표본의 크기는 오차 범위(d)를 5분으로 설정하고 95%의 신뢰수준으로 설정할 때의 최소표본크기 139보다 많은 1,390개의 표본을 분석에 적용하였다.

두 설문조사에서 나타난 여객들의 평균 공항접근 소요시간은 〈표 1〉과 같다. 접근시간의 차이에 따른

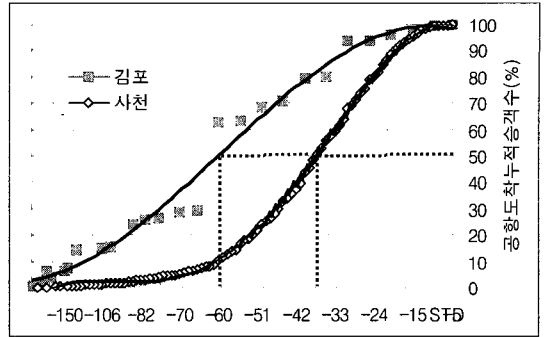
2) 본 설문조사는 김포국제공항 국내선 이용객을 대상으로 2000년 4월 4일부터 6일까지 실시한 것으로, 전체 응답자 460명 중 유효한 응답자수는 399명임.

〈표 1〉 평균접근소요시간 비교

구분	사천공항	김포공항
평균접근소요시간	38.40분	67.13분
표준편차(σ)	30.70	31.57
표본수	991	399

여객들의 공항도착분포를 표시하면 〈그림 4〉, 〈그림 5〉와 같다. 평균 접근시간이 상대적으로 긴 김포공항의 경우, 접근시간이 넓게 분포하고 있으나 사천공항의 경우에는 좁은 분포를 보인다.

두 공항의 공항도착 누적여객수(%)를 비교하면 〈그림 6〉과 같다. 그림에서 보여 주듯이 곡선의 형태가 다르게 분석되었으며 평균 접근소요시간이 짧은 사천공항의 경우가 좁은 분포를 보이고 있다. 따라서 김포공항 도착 여객의 터미널 내 평균소요시간³⁾은 사천공항보다 길게 나타난다. 사천공항의 경우, 평균접근소요시간 38분 근처에서 여객의 50%가 도착한 상



〈그림 6〉 공항도착여객수(%) 비교

태를 보였고, 김포공항의 경우에는 평균접근소요시간 67분보다 좀 못미쳐 여객의 50%가 도착한 상태를 나타내었다. 따라서 도착 여객들의 50% 정도는 평균 접근시간대와 비슷한 시간에 공항에 도착한다는 사실을 알 수 있다.

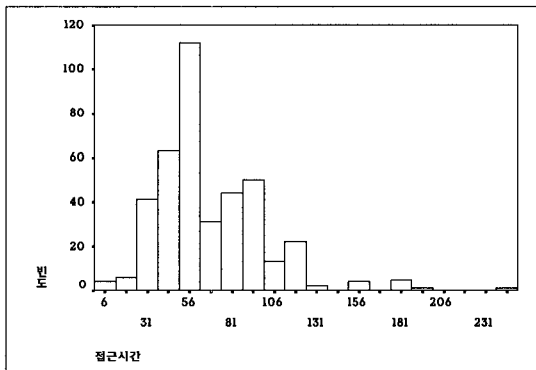
1. 접근시간과 여객 도착행태간 분산분석

STD 이전시간이 접근시간과 공항 규모간에 어떠한 관계가 있는가를 알아보고, STD 이전시간이 어느 변수에 영향을 받는지를 알아보기 위해 분산분석을 실시하였다. 여기서 종속변수는 "STD 이전시간"이 되며 독립변수는 "접근시간 수준"과 "공항"이 된다. 이때, STD 이전시간의 데이터는 각 공항의 STD 정규분포에서 95%에 해당하는 $\mu \pm 2\sigma$ 내의 것을 사용했고, 접근시간의 수준은 통계에 사용될 표본수를 고려하여 10분 간격으로 나누었다.

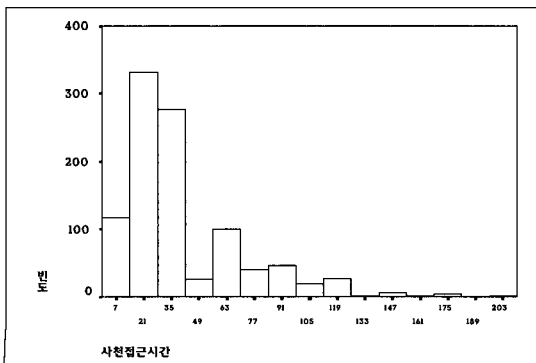
분산분석 결과는 〈표 2〉와 같으며, "공항"효과는 유의수준이 0.000 ($< 0.1(90\%)$)로 분석되어 공항에 따라 STD 이전시간이 차이가 있다고 볼 수 있으며, "접근시간 수준"에 따라서도 0.059 (< 0.1)로 나타나 STD 이전시간에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 두 변수간의

〈표 2〉 공항과 접근시간수준의 STD 이전시간 영향분석 결과

분산원	F값	유의확률
"공항" 효과	53.704	0.000
"접근시간 수준" 효과	1.745	0.059
"공항*접근시간수준" 상호효과	1.128	0.335



〈그림 4〉 김포공항의 접근시간 분포



〈그림 5〉 사천공항의 접근시간 분포

3) 여기서 평균소요시간이라 함은 승객들의 도착비율이 50%에 달한 시점의 STD 이전시간을 말함.

상호작용은 $0.335 > 0.1$ 로 상호작용이 없다고 볼 수 있다.

2. STD 이전시간 확률예측모형

우선, 공항 접근시간은 분석상 편의를 위해 10분 간격으로 구분하였으며, 모두 12개 수준으로 설정하였다. 즉, 제1수준은 STD이전 0~10분까지를 나타내고, 제2수준은 10~20분까지를 의미한다. 각 접근시간 수준에서 모집단의 확률분포가 정규분포인지를 검정하기 위해 Pearson의 χ^2 검정을 하였으며, χ^2 통계량은 식(3)과 같이 구해진다.

$$\chi^2 = \sum_{all\ cell} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{3}$$

여기서,

O_i : i 번째 관측빈도

E_i : i 번째 기대빈도

χ^2 값은 3, 4, 6, 9수준 집단에서 모집단이 정규분포를 따른다는 결론을 도출하였다. χ^2 의 기본조건⁴⁾을 벗어나 검정을 하지 못한 수준에 대해서는 Kolomogorov-Smirnov의 적합도 검정을 이용하였다. 이 검정방법은 표본의 크기에 제한을 받지 않는다. Kolomogorov-Smirnov의 통계량(D_n)은 식(4)와 같이 구해진다.

$$D_n = \max |F_n(x) - F_0(x)| \tag{4}$$

여기서,

$F_n(x)$: 표본의 누적분포함수

$F_0(x)$: 설정된 모집단의 누적 분포함수

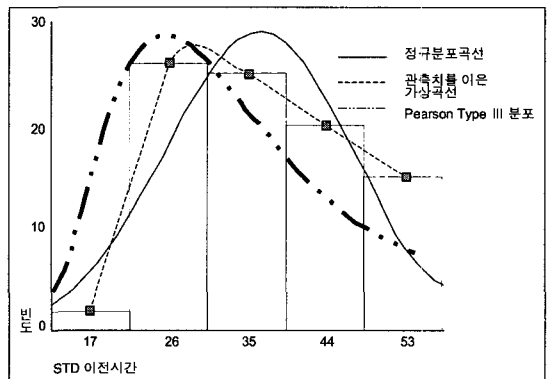
위의 결과로 5, 7, 8, 10, 12수준 집단에서 모집단이 정규분포를 따른다고 나타났으므로 전체적으로 모집단이 정규분포를 따르는 수준은 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12수준이 된다.

공항 도착여객의 확률을 산정하기 위한 확률예측모형을 결정하기 위해 접근시간 수준별로 통계적으로

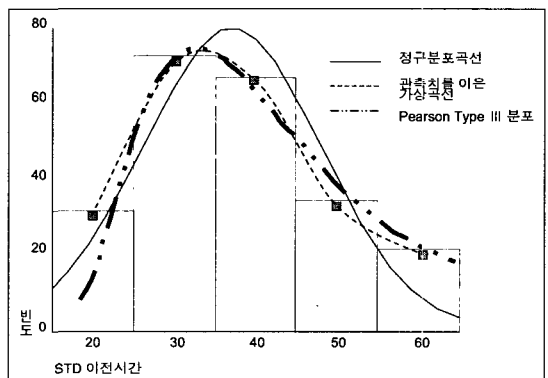
적절한 확률밀도함수를 도출하였다. 정규분포를 따르는 각 수준은 분포의 평균과 표준편차에 의해 고유의 확률밀도함수를 가진다. 한 예시로 수준 3의 확률밀도함수(probability density function)를 구하면 식(5)와 같다.

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(t-\mu)^2/2\sigma^2} \tag{5}$$

여기서, μ 는 표본의 평균으로 수준 3의 경우 38.0863, σ 는 표본의 표준편차로 10.812를 보여준다. 한편, 접근수준 1과 2는 χ^2 검정에서 모집단이 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났다. 그렇다면, 이 수준들이 다른 형태의 확률분포를 따르는지를 알아보기 위해 각 수준의 빈도그래프를 구해보았으며, 그 결과는 <그림 7>과 같다.



(a)



(b)

<그림 7> 수준 1과 2의 빈도 그래프

4) $np > 5$, n : 표본수, p : 성공확률을 나타냄.

관측 빈도수를 이은 가상곡선은 정규분포곡선에서 쪽지점이 왼쪽으로 치우친 형상을 나타내며 이것은 Pearson typeIII⁵⁾의 분포와 비슷하다. Pearson typeIII의 확률밀도함수 $f(t)$ 는 식(6)과 같다.

$$f(t) = \frac{\lambda}{\Gamma(K)} [\lambda(t-\alpha)]^{K-1} e^{-\lambda(t-\alpha)} \quad (6)$$

여기서,

$f(t)$: 확률밀도함수

λ : 평균 STD 이전시간, 파라미터 K 와 α 의 함수

K : 파라미터($0 \sim \infty$), 분포의 형태에 영향을 줌

α : 파라미터(≥ 0)

t : STD 이전시간

e : 상수(2.71828)

$\Gamma(K)$: 감마함수

여기서 감마함수 $\Gamma(n)$ 는 식(7)과 같이 정의된다.

$$\Gamma(n) = \int_0^\infty u^{n-1} e^{-u} du, \quad n \geq 0 \quad (7)$$

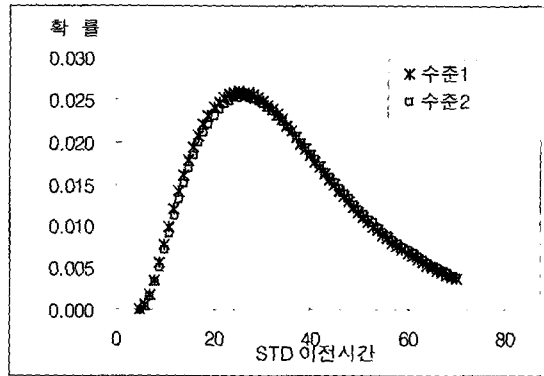
파라미터 α 의 값을 5로 정하자. 이것은 5분 보다 적은 STD 이전시간이 나타날 확률이 '0'이라고 가정한다는 뜻이다. 파라미터 근사값 K 의 값은 식(8)과 같이 구해질 수 있다. 여기서 수준1의 \bar{t} 와 s 값은 데이터에서 구한 36.02와 10.76이다.

$$K = \frac{\bar{t} - \alpha}{s} \quad (8)$$

λ 값은 식(9)와 같이 구해진다.

$$\lambda = \frac{K}{\bar{t} - \alpha} \quad (9)$$

그 다음 식(8)에서 구한 K 에 대해 감마함수⁶⁾를



(그림 8) 수준 1, 2의 Pearson type III 확률분포-1

구한다. 마지막으로 식(6)에 의해 확률밀도함수를 구한다. 이렇게 구한 수준 1과 2의 확률밀도함수는 식(10)과 같이 구해지며 확률분포는 (그림 8)과 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} f(t_1) &= 0.05162[0.09293(t-5)]^{1.88296} e^{-0.09293(t-5)}, & \text{수준 1} \\ f(t_2) &= 0.04992[0.09124(t-5)]^{1.9005} e^{-0.09124(t-5)}, & \text{수준 2} \end{aligned} \quad (10)$$

위에서 구한 확률밀도함수에 의한 기대빈도수 분포가 실제 관측치의 빈도분포와 동일한지를 검정하기 위해 χ^2 검정을 실시하였으며 그 결과는 (표 3)과 같다.

수준1의 경우 귀무가설을 채택하므로 "측정된 분포와 계산된 분포간에 통계적 차이가 없으며 측정된 분포는 수학적 분포와 동일시 될 수 있다"고 해석된다. 수준2의 경우 위에서 구한 식(9)의 확률밀도함수식을 이용했을 때 두 분포의 모양이 잘 피팅(fitting)되지 않으며 α 를 10으로 놓고 구한 확률밀도함수식을 오른쪽으로 6만큼 이동시켰을 때⁷⁾ 두 분포가 거의 유사한 형태를 띄며 χ^2 검정에서도 유의한 값이 나왔다. 이렇게 구한 수준 2의 확률밀도함수와 앞서 구한 수준 1의 확률밀도함수를 그래프로 표현하면 (그림 9)와 같다.

이제까지 구한 각 접근시간간수준별 STD 이전시간의 확률분포형태는 (그림 10)과 같으며 확률분포를

5) 자세한 이론은 Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall, 1990, pp.11~48를 참조바람.
 6) 감마함수 $\Gamma(K)$ 의 값을 구하는 과정은 Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall, 1990의 Appendix E에 설명되어 있다.
 7) 피팅과정은 α 를 10으로 놓고 식(8)과 식(9)에 의해 파라미터 K 와 λ 를 구한 후 확률밀도함수(수학적 분포 또는 이론분포)를 구해서 실제 관측분포와 수학적 분포가 잘 맞는지 분석한다. 잘 맞지 않을 경우 α 나 파라미터 값을 조정한다. 이런 조정과정을 거친 수학적 함수에 대해 χ^2 검정을 실시한다. 검정과정에서 t 의 상한계급(60분 이상)에 대해서는 실제 관측치 빈도가 적게 나와 검정에 영향을 주고 있으나, 본문에서는 상한계급 이후에도 확률밀도함수를 따른다고 가정을 하였다. 피팅과 χ^2 검정에 관한 자세한 내용은 Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall, 1990, pp. 11-48에 자세히 설명되어 있다.

〈표 3〉 Pearson type III 분포의 χ^2 검정

수준	1 (0~10분)	2 (11~20분)
표본수	88	220
평균	36.02	36.79
표준편차	10.76	10.96
임계치	16.8	20.3
χ^2	15.65	64.71
귀무가설	채택	기각

주 : 임계치는 유의수준 0.005일 때의 값임.

정리하면 〈표 4〉와 같다. STD 이전시간대별로 여객들이 얼마만큼 도착할 것인지는 위에서 구한 확률밀도함수를 이용하여 구할 수 있다. 어느 특정 STD구간(t_1, t_2)의 여객들이 선택하는 STD 이전시간의 확

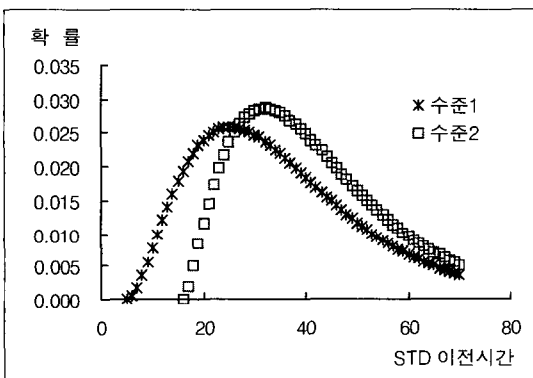
률은 여객들의 각기 서로 다른 접근시간 수준별 STD 이전시간 확률의 합이 되며 이것을 일반화시키면 식(11)과 같이 표현할 수 있으며, 그 개념은 〈그림 11〉과 같다.

$$P_{STD}^{t_1, t_2} = \sum_i \int_{t_1}^{t_2} pdf_i dt \quad (11)$$

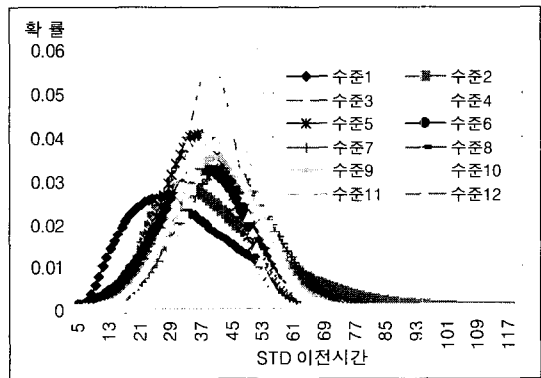
여기서,

$P_{STD}^{t_1, t_2}$: t_1 과 t_2 사이의 여객의 STD 이전시간 확률
 pdf_i : 접근시간수준 i 의 확률밀도함수

〈그림 11〉에서 음영부분을 합한 것이 STD 이전시간 t_1 과 t_2 사이의 확률이 된다.



〈그림 9〉 수준 1, 2의 Pearson type III 확률분포-2



〈그림 10〉 접근시간수준별 STD 이전시간 확률분포 모양

〈표 4〉 접근시간수준별 확률분포

접근시간수준	분포모양	확률분포함수	계수값
1	Pearson type III분포	$f(t) = \frac{\lambda}{\Gamma(K)} [\lambda(t-\alpha)]^{K-1} e^{-\lambda(t-\alpha)}$	$\alpha = 5$ $\lambda = 0.09293, K = 2.88296$
2			$\alpha = 16$ $\lambda = 0.09128, K = 2.4493$
3	정규분포	$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(t-\mu)^2/2\sigma^2}$	$\mu = 38.0863, \sigma = 10.8123$
4			$\mu = 35.8413, \sigma = 10.6895$
5			$\mu = 36.0000, \sigma = 9.8087$
6			$\mu = 37.5270, \sigma = 12.2499$
7			$\mu = 42.9167, \sigma = 12.0714$
8			$\mu = 38.3529, \sigma = 12.0465$
9			$\mu = 40.1053, \sigma = 11.2052$
10			$\mu = 39.8750, \sigma = 10.5348$
11			$\mu = 42.6667, \sigma = 8.7369$
12			$\mu = 39.2632, \sigma = 7.0620$

주 : 수준 11은 표본수가 3개로 분석이 어려우며, 여기서는 정규분포로 가정한다.

확률밀도함수를 각각 도출할 수 있어야만 가능하다. 그러나 본 연구는 김포공항과 사천공항을 대상으로 설문조사를 실시하였기 때문에 두 공항의 특성에 따른 분석은 가능하지만 타 공항에 대한 접근행태분석은 사실상 불가능한 것이다.

김포공항을 출발하는 여객들의 공항도착 행태를 목적지별로 구분하여 분석해 보고자 한다. 물론 이와 같은 분석은 목적지 공항에 직접 여객이 도착하는 행태를 분석하는 것이 아니기 때문에 김포공항 및 사천공항을 출발하는 여객들의 공항도착 행태와 직접적인 비교는 힘들지만 관련된 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 김포공항을 출발하는 여객들 중 항공기 운항횟수(빈도수)가 상대적으로 많은 김해노선과 상대적으로 운항횟수가 적은 강릉노선을 상호 비교해 보기로 하자. 설문조사 시점에서의 김포-김해 노선의 경우, 일일 편도기준으로 항공기 운항횟수가 56회였으며, 김포-강릉 노선은 5회에 불과하였다.

운항횟수가 많은 김포-김해 노선의 경우, 여객이 원하는 시간대에 공항에 도착하지 못할 경우에도 후속 항공기를 이용할 수 있는 확률이 높은 반면, 김포-강릉 노선의 경우에는 운항시간대의 간격이 커서 원하는 항공기를 놓쳤을 경우 후속 항공기 탑승을 위한 대기시간이 길 뿐 아니라 탑승확률이 상대적으로 적다고 볼 수 있다. 김포공항을 출발하는 여객들 중 김해공항과 강릉공항을 목적지로 하는 여객들의 공항도착 누적분포를 분석해 보면 <그림 13>과 같이 나타났다. 항공기 운항횟수 다빈도의 김포-김해 노선의 여객들은 상대적으로 소빈도인 김해-강릉 노선의 여객들보다 항공기 출발시간을 기준으로 할 때, 공항에 도착하는 분포가 STD에 근접하여 집중되는 현상을 보였다. 예를 들어, 전체 여객의 공항도착 누적비율이

80%가 되는 시점을 살펴보면 김포-김해 노선의 여객들은 STD보다 36분 이전이었으나, 김포-강릉 노선의 여객들은 60분 이전에 도착하고 있음을 알 수 있다.

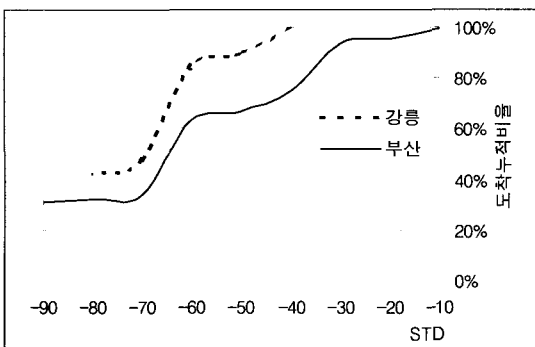
이와 같은 분석은 앞서도 설명하였듯이 해당 공항에서 출발하는 여객을 대상으로 한 것이 아니라 김포공항을 이용하는 여객들 중 해당 공항으로 출발하는 여객을 선정·분석한 것으로써 공항별 여객도착 행태를 일반화하는데 한계가 있을 수밖에 없다. 그러나 본 분석을 통해서 항공기 운항횟수가 상대적으로 많은 공항을 이용하는 여객들은 운항횟수가 적은 공항을 이용하는 여객들보다 STD에 가까운 시간대에 공항에 도착하는 비율이 높은 것으로 유추할 수 있겠다. 이와 같은 현상은 상대적으로 운항빈도가 높은 국내선과 운항빈도가 낮은 국제선에서도 동일하게 나타날 것으로 판단된다. 보다 정밀하고 객관적인 분석을 위해서는 국내선·국제선 노선별, 해당 공항별·목적지별로 추가적인 조사가 반드시 필요하나 본 논문은 이를 수용하지 못한 한계가 있다.

IV. 결론

본 논문의 목적은 접근시간에 따른 여객도착행태가 어떻게 나타나는지를 분석하는 것이었다. 이를 위해 접근성과 여객의 공항 도착행태에 대한 개념 정립을 위한 문헌조사를 실시하고, 관련 선행연구를 검토하였다. 연구의 대상공항인 김포국제공항과 사천공항은 접근성 측면에서 서로 다른 특성을 나타내고 있었으며 공항도착 누적여객수의 분포 또한 다른 양상을 나타내고 있었다. 결과분석 후에는 통계분석을 통해 접근성과 여객의 공항도착행태간의 관계를 분석하였다.

접근시간에 따른 여객들의 STD 이전시간의 분포는 접근시간의 수준에 따라 서로 다른 확률밀도함수를 가지고 있었으며, 이 확률밀도함수를 이용하여 STD 이전시간대별 여객도착 확률을 도출하는 확률측 모형 개발하였다. 또한 이것을 이용해 공항의 일일 운영시간에서 시간대별 여객도착수를 산출하는 과정을 제시하였다.

공항접근시간에 따른 STD 이전시간대별 공항도착 여객의 확률을 도출한 일반적인 모형은 공항운영자나 항공사가 여객터미널의 체크인 카운터, 수하물처리 시스템, 검색보안서비스 등의 소요를 피크시와 일반



<그림 13> 목적지별 공항도착 누적분포도

시간대별로 나누어 산정하는데 유용한 도구로 활용될 수 있다. 이러한 탄력적인 여객터미널 시설의 활용 및 인력의 배치는 비용측면에서도 절감효과를 기대할 수 있게 된다.

본 논문의 연구대상은 국내선으로 한정하였으며, 여객도착행태에 영향을 미치는 변수로는 접근시간만을 고려하였다. 운항빈도, 접근통행의 신뢰성, 비행거리, 항공기 출발 후 도착과 같은 위험성 등의 요소에 따른 행태의 차이 및 시사점을 분석하지 못한 한계가 있으며, 이는 향후 연구에서 보다 면밀하고 광범위하게 다루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 교통개발연구원(2001), "사천공항 확장사업에 대한 예비타당성 조사", 기획예산처.
2. 김광식(1987), "도시공공서비스 시설과 그 이용자간의 접근성 측정에 관한 연구", 대한국토계획학회지, 제22권 제3호.
3. 김광식(1987), "접근성의 개념과 측정치", 대한교통학회지, 제5권 제1호, 대한교통학회, pp.33~46.
4. 김형철, 조용래(1992), "고속도로 건설에 따른 지역간 접근도의 변화분석", 대한교통학회지, 제10권 제3호, 대한교통학회, pp.43~58.
5. 노정현(1999), "교통계획 통행수요이론과 모형", 남남출판.
6. 박정식, 윤영선(1998), "현대통계학", 다산출판사.
7. 임강원(1986), "도시교통계획: 이론과 실제", 서울대학교출판부, pp.390~391.
8. Adolf, D. M(1990), "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall.
9. Ashford, N., H. P. M Stanton and C. A. Moore(1995), "Airport Operations", 2nd ed.,

McGraw-hill.

11. Carlos, M(1987), "A Framework for Quality of Service Evaluation at Airport Terminals, doctor dissertation", UC Berkeley.
12. Hansen, W. G.(1959), "How Accessibility Shapes Land Use", Journal of the American Institute of Planners, Vol.25, pp.73~76.
13. ICAO(1987), "Airport Planning Manual", Doc 9184-AN/902, Part 1, 2nd ed.
14. Kleinbaum and Kupper(1989), "Applied Regression Analysis and Other Multi-variable Methods", Duxbury Press.
15. Lowry, I. S.(1964), "A model of Metropolis", Rand Corporation, Santa Monica.
16. Ndoh, N. N. and N. J. Ashford(1993), "Evaluation of Airport Access Level of Service", Transportation Research Record 1423, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.34~39.
17. Park, Y. H.(2001), "Assignment Model for Check-in Counters Based on Passenger Behaviour", The 9th World Conference on Transport Research, 22-27 July, COEX Convention Center, Seoul Korea.
18. Rice, J. A.(1995). "Mathematical Statistics and Data Analysis", 2nd ed., Duxbury Press.
19. Shriner, H. W. and L. A. Hoel(1999). "Evaluating Improvements in Landside access for Airports", Transportation Research Record 1662, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.32~40.
20. Wilson, A.G.(1970), Entropy in "Urban and Regional Modelling", Pion, London.

✉ 주 작 성 자 : 박용화
 ✉ 논문투고일 : 2003. 4. 18
 논문심사일 : 2003. 6. 30 (1차)
 2003. 8. 18 (2차)
 2003. 8. 18 (3차)
 심사판정일 : 2003. 8. 18
 ✉ 반론접수기한 : 2003. 12. 31

A Study on Driver Behavior and Dilemma Zone during Yellow Interval at Signalized Intersections

LEE, Seung-Hwan · LEE, Sung-Ho · PARK, Ju-Nam

objective of this research is to analyze drivers' behaviors at signalized intersection during yellow interval. For this, deceleration rate of stopping, PRT(Perception-Response Time), and the relationship between dilemma zone and deceleration rate of stopping were surveyed at two signalized intersections located at urban area(Songtan and Suwon) and local area(Yongin). As a result, the deceleration rate of stopping at signalized intersections and a range of dilemma zone were estimated. It was found that the deceleration rate of stopping and PRT were $1.6\text{m}/\text{sec}^2$ and 1.27sec , respectively. These values are bigger than ITE's values which have been used in our country. Accordingly, it is considered that these values should be used as a new design criteria for the traffic signal control.

Analyzing Passenger Arrival Behavior Based on the Spent Time for Airport Access

OH, Sung-Yeol · KIM, Wonkyu · PARK, Yonghwa

In general, an airport access system has influenced on airport terminal operation. The congestion and delay in service facilities at an airport are definitely depended on the patterns of passenger arrival behavior and time spent in a terminal. Therefore, it is necessary to analyze the passenger arrival behavior at an airport to improve the operations at passenger terminal. Passenger arrival patterns to an airport are mainly depended on factors such as the length of access time, reliability of access time, and provision of transport modes, etc. The focus of this paper is to estimate the relationship between the length of access time and passenger's total time spent to board aeroplane. For this, passenger surveys were conducted at the Gimpo International Airport for a large airport and Sacheon

Airport for a small size airport. The mathematical relationship between arrival time at an airport prior to the scheduled time of departure(STD) and access time spent was then estimated. It is considered that the results of this study can be used to reduce congestion and delays, thereby to improve the efficiency of the passenger services at the airports.

Quantitative Evaluation Indicators for the City Bus Route Network

LEE, Sang-Yong · PARK, Kyoung-a

A balanced evaluation system for a bus route network was proposed for a mid-sized suburban city. The evaluation system consists of 7 criteria - accessibility, riding comfort, transfer rate, directness of route, productivity of operation, regional equity, and minimum requirement of bus fleet - and quantitative indicators representing each of the criteria. The proposed system was applied in Siheung, a suburban city in Seoul Metropolitan Area. Four alternative scenarios of bus route network including the existing one were evaluated. The results showed that the suggested criteria and indicators are acceptable for the evaluation of a bus route network. In order to enhance the proposed evaluation procedure, further studies on the normalization of produced values and weights for each of the indicators are needed.

Development of Design Criteria for Crosswalks at Signalized Intersections

HA, Tae Jun · PARK, Je Jin · LEE, Hyoung Mu

There are no specific criteria deciding what type of crosswalk installs although 4 typed crosswalks at signalized intersections classify according to number of stop line, spacing from the border of intersections and existence of traffic islands or not.