

지하철 역사 내 혼잡관리를 위한 통행행태 분석: 경로선택모델을 중심으로*

정래혁** · 정진혁***

Analysis of Route Choice Behavior in Subway Stations*

Rae Hyuck Jung** · Jin Hyuk Chung***

요약 : 서울의 대표적인 대중교통수단인 지하철은 지난 2013년 26억 명의 사람들이 이용하였고 현재 서울 시 수송분담률의 40%를 차지하고 있다. 이렇듯 지하철이 많은 통행수요를 분담함으로써 지하철 차량 내 혼잡뿐만 아니라 역사 내 혼잡까지 문제되고 있다. 역사 내 혼잡 완화방안으로 현재 서울시에서는 혼잡역사 시설개량 사업을 시행하고 있다. 이런 물리적 환경 개선은 비용측면에서 한계점을 갖기 때문에 최근 운영정책을 통한 역사 내 혼잡완화 방안에 관심이 모아지고 있다. 효율적인 운영정책을 위해서는 역사 이용자들의 행태분석을 통해 정확한 혼잡예측을 하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 효율적인 혼잡관리 운영정책을 위하여, 지하철 역사 내 경로선택 행위에 대한 여러 요인들의 영향력을 분석하였다. 2014년 이루어진 지하철 역사의 경로조사와 이용자 추적조사를 통해 자료를 구축한 뒤 역사 내 통행 분류와 경로에 대한 분석을 하고 이용자 시작위치에 따른 특성 변수, 경로 특성 변수, 이용자 특성 변수를 통해 경로선택 로짓모델을 구축하였다.

주제어 : 경로선택, 추적조사, 로짓모델, 지하철, 보행자

ABSTRACT : The Seoul Metropolitan Subway, the longest subway system in the world, had an annual ridership of 2.6 billion in 2013, a 6.16% increase in passenger numbers on 2012. This trend of rapid increase of the ridership often leads to severe congestion problem during peak hours. To solve this problem, the city is currently working on the subway facilities improvement project. This project, however, obviously requires astronomical financial investment and time. Hence, the researchers are seeking for a better way to reduce congestion without physical improvement of the facilities. That is, a congestion management system which can reduce the chaotic congestion during pick hours. To acquire the system, an accurate congestion prediction based on analysis of pedestrian's movement tendency is required. This research defines what factors are influencing the route choice behavior and how it influences the behavior by using an route-tracing survey of the stations done in 2014. The research addresses a path categorization and route analysis of the stations, and then construct a Logit model by combining variables according to origin locations of users, route characteristic variables and user characteristic variables.

Key Words : Route Choice, Tracing Survey, Logit Model, Subway, Pedestrian

* 본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(14RTRP-B067918-02)에 의해 수행되었습니다.

** 연세대학교 도시공학과 석사과정(Graduate Student in Urban Planning and Engineering, Yonsei University)

*** 연세대학교 도시공학과 정교수(Professor in Urban Planning and Engineering, Yonsei University),

교신처자(E-mail: jinchung@yonsei.ac.kr, Tel: 02-2123-5892)

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

서울지하철은 1974년 첫 출범되었고 가장 최근에는 신논현에서 종합운동장까지 9호선이 연장 개통하였다. 총 운행거리 327.1km로 광범위한 지역의 통행을 서비스하는 도시철도는 수도권 대중교통의 핵이라 할 수 있다. 지난 2013년 26억 명의 사람들이 서울지하철을 이용하였고 현재 서울시 수송분담률 중 약 40%를 지하철이 차지하고 있다.

이렇듯 지하철이 많은 통행수요를 분담함으로써 지하철 차량 내 혼잡뿐만 아니라 역사 내 혼잡까지 사회적으로 큰 문제가 되고 있다. 이에 역사 혼잡을 완화하기 위해서 서울시는 2015년까지 신도림역, 시청역, 서울역 등 7개 역사 구조개선 사업을 시행하고 있다. 하지만 이런 물리적 환경 개선은 비용측면에서 한계점을 갖기 때문에 최근 운영정책을 통한 역사 내 혼잡완화 방안에 관심이 모아지고 있다.

따라서 본 연구는 지하철 역사 운영정책을 통한 효율적 혼잡관리를 위해 지하철 역사를 이용하는 이용객들이 어떠한 요인에 영향을 받아 경로를 선택하는지 분석하고자 한다. 2014년 이루어진 지하철 역사 내 경로조사와 이용자 추적조사를 통해 자료를 구축한 뒤 역사 내 통행 분류와 경로에 대한 분석을 하고 이용자 시작위치에 따른 특성 변수, 경로 특성 변수, 이용자 특성 변수를 통해 경로선택 로짓모형을 구축하였다.

이러한 경로선택모형 분석결과를 통해 이용객의 역사이용행태를 파악하고 향후 운영정책에 반영하고자 한다.

II. 본론

1. 국내외 선행연구 고찰

보행자 경로 선택과 지하철 행태분석에 대한 선행연구를 조사해보았다.

Li and Tsukaguchi(2005)는 GIS기반으로 네트워크의 토폴로지 분석을 통해 보행자 경로 선택을 분석하였으며 이동거리가 경로 선택에 있어서 가장 중요한 요소라 하였다. Verlander and Heydecker(1997)는 영국 400가구의 보행현황 조사자료를 통해 GIS를 이용한 분석결과를 토대로 75%의 보행자가 최단거리 보행을 선택한다고 분석하였다. Wang et al.(2012)은 인지도, 가로의 물리적 요소 등을 통해 보행만족도와외의 관계를 분석하였다.

고준호·김태형(2013)은 서울시 강남역 주변 보행자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 524개의 설문조사를 가지고 성별, 연령, 직업, 동행인수, 보행목적, 익숙도, 통행거리 등을 변수로 설정하여 최단경로를 선택하는 요인들을 분석하였다. 조사 결과 응답자의 80%가 최단경로를 이용하는 것으로 나타났다. 박명희 외(2005)는 대구 지하철 중앙로역과 중앙지하상가에서 다양한 직업별, 연령대별로 보행자의 움직임조사와 설문조사를 통해 지하공간에서의 보행자 경로선택요인에 대해서 분석하였다. 이동의 영향요인으로 표지판, 경험, 밀도, 통행목적을 선정하였다. 분석 결과 출발지에서 목적지까지의 가장 짧은 경로를 선택하는 경향이 있음을 시사했다. 또한 길찾기에 가장 도움을 주는 요소는 표지판이었으며, 경험상 익숙해진 길을 이용하는 것으로 나타났다. 박지환 외(2012)는 사당역을 중심으로 지하철 환승역 내에서 보행자의 움직임을 추적 후 분석하여 보행동선

의 문제점을 찾았다. 문제점의 대안으로 사당역 2호선에서 4호선으로 환승 시 환승입구에 있던 계단을 에스컬레이터로 교차하고 추가로 에스컬레이터를 잠실, 신도림 방면으로 하나씩 설치하는 대안을 제시하였다. 이종언 외(2008)는 보행자의 경로탐색 서비스를 위한 고려변수와 네트워크 형태를 제시 하였다. 경로탐색 서비스를 위한 변수로는 가로상태, 벤치 유무, 볼거리(이벤트), 주차 가능 여부 등을 설정하였다. 도심지 상업가에서 물리환경적 측면, 방향전환에 따른 보행자의 공간에 대한 인지도, 시야와 접근성의 제약에 의한 인지도의 3가지 관점으로 보행자의 공간 인지를 구분하고 시뮬레이션을 하였다. 김진호 외(2008)는 현장조사를 토대로 지하철 역사 혼잡도 현황에 대해 알아보고 단기적 대책, 장기적 대책, 제도적 대책을 통하여 역사 내 혼잡완화 방안을 제시하였다. 안은희 외(2004)는 코엑스몰을 대상으로 공간 구분론을 이용하여 복합시설에서 보행자의 움직임의 파악하고 경로선택점에서 의사결정 영향요

인을 분석하였다.

2. 조사역사 분석

철도기술연구원의 “도시철도 역사 이동 환승 기술 개발” 과제의 일환으로 남서울대학교에서 주관하고 연세대학교가 공동기관으로 참여하여 현장조사를 실시하였다. 본 조사는 지하철 역사 현황 파악을 위해 2014년 5월~6월까지 경로조사, 추적조사, 수요조사 등을 수행하였다.

수행한 역사조사 중에서 수도권 환승역사 13개를 선정하여 본 연구의 조사역사로 정의하였다. 조사는 운행노선, 환승 수, 정거장 구조, 입지시설 유형, 수요분류, 방향별 비대칭에 대한 분석을 실시하였다. 조사역사에 대한 분석은 <표 1>과 같다.

환승 수는 대상역사를 지나는 노선 수를 나타낸다. 조사역사 중 동대문역사공원만 2호선, 4호선, 5호선의 3개 노선이 지나가고 나머지 환승역사는 2가지 노선이 지나가는 것으로 분석되었다.

<표 1> 조사역사 분석

구분	노선	환승 수	정거장 구조	입지시설 유형	수요분류	비대칭	첨두시 중방향계수
가산디지털단지	1호선, 7호선	2	T자형	대형유통판매시설	초대형	오전하차	0.8 이상
강남구청	7호선, 분당선	2	+자형	정기통근형	중형	오후승차	0.8 이상
교대	2호선, 3호선	2	L자형	정기통근형	초대형	오전하차	0.7 이상
도봉산	1호선, 7호선	2	=평행형	대형이벤트형	중소형	오전승차	0.7 이상
동대문 역사문화공원	2호선, 4호선, 5호선	3	ㄷ자형	대형이벤트형	대형	오전하차	0.7 이상
모란	8호선, 분당선	2	L자형	대형유통판매시설	중형	오전승차	0.7 이상
사당	2호선, 4호선	2	+자형	기타지역	초대형	오후하차	0.6 미만
시청	1호선, 2호선	2	--자형	정기통근형	초대형	오전하차	0.8 이상
연신내	3호선, 6호선	2	T자형	기타지역	대형	오전승차	0.8 이상
을지로3가	2호선, 3호선	2	T자형	기타지역	중형	오전하차	0.8 이상
잠실	2호선, 8호선	2	--자형	복합형	초대형	오전하차	0.6 미만
정자	분당선, 신분당선	2	=평행형	기타지역	중소형	오전하차	0.6 이상
충정로	2호선, 5호선	2	=평행형	정기통근형	중소형	오전하차	0.7 이상

정거장 구조는 승강장의 구조에 따라 T자형, +자형, =자형, ㄷ자형, L자형, --자형으로 나누어 분석하였다. T자형, +자형, ㄷ자형의 경우 다른 유형에 비하여 상대적으로 환승경로가 복잡하고 환승방향을 찾기가 어렵다는 특징을 가지고 있다. 조사 결과 다양한 정거장 구조들이 조사역사에 고르게 분포되어 있는 것으로 분석되었다. 입지시설 유형은 역사 근처 토지이용에 따라 분류하였다. 가산디지털단지과 같이 역사 근처에 대형유통판매시설이 있는 경우, 강남구청역과 같이 근처 사무실이 많아서 출퇴근이 많은 경우, 도봉산역과 같이 주변에 도봉산이라는 대형이벤트 시설이 있는 경우, 잠실역과 같이 대형이벤트, 대형유통판매시설이 같이 있는 경우는 복합지역으로 구분하였고 그 외 지역은 기타지역으로 분류하여 분석하였다. 수요분류는 <표 2>와 같이 초대형, 대형, 중형, 중소형, 소형, 초소형으로 나누어 역사를 일평균 이용하는 수요에 따라 분류하였다.

<표 2> 수요분류 기준

구분	이용객 수(1일기준)
초대형	100,000인 이상
대형	100,000인 미만 ~ 75,000인 이상
중형	75,000인 미만 ~ 50,000인 이상
중소형	50,000인 미만 ~ 25,000인 이상
소형	25,000인 미만 ~ 5,000인 이상
초소형	5,000인 미만

비대칭은 방향별 중방향이 가장 심한 시간대를 표기하였고 첨두시 중방향계수는 그 비율을 표기하였다. 대다수의 역사가 첨두시 중방향이 계수가 0.7 이상인 경우가 많았다.

3. 지하철 역사 행태 조사

2014년 5월~6월까지 수도권 환승역사 중 13개 역사에 대하여 경로조사와 추적조사를 실시하였다.

경로조사는 각 출입구와 승강장을 기종점으로 하는 지하철 역사 내 경로에 대하여 경로상 존재하는 시설물과 각 시설물의 길이, 시설물을 지나는데 걸리는 통행시간을 조사하였다.

추적조사에 앞서 역사를 이용하는 이용자를 유형화한 뒤 추적조사를 진행하였다. 이용자 구분은 대부분으로 일반인과 이동계약자로 나눈 뒤 이동계약자를 장애인, 임산부(아이 동반), 노인, 짐을 든 사람으로 다시 분류하였다. 상세 내용은 <표 3>과 같다.

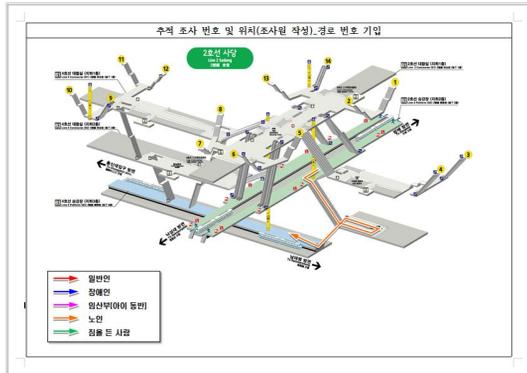
<표 3> 조사대상자

구분	상세구분	조사대상자
일반인	일반인	일반인 성인 남녀
이동 계약자	장애인	지체장애인, 휠체어 이용자, 목발 사용, 다리를 짚
	임산부 (아이 동반)	임산부, 아이 동반, 유모차 동반
	노인	60대 이상의 노인 남녀
	짐을 든 사람	캐리어, 상자 등의 짐을 들고 이동하는 사람

추적조사는 지하철 역사를 통행하는 이용자를 일반인, 장애인, 임산부(아이 동반), 노인, 짐을 든 사람의 5가지로 구분하고 이용자를 추적하여 그들이 통행한 경로와 경로상 존재하는 시설물, 시설물을 통과하는 시간을 조사하였다.

<그림 1>에 나와 있는 것처럼 사전에 준비한 역사 내 지도에 이용자들이 실제로 이동한 경로를 지도상에 표기하였다. 이와 동시에 <그림 2>처럼

이용자가 이동한 경로를 계단, 통로, 엘리베이터, 에스컬레이터 등의 시설물 단위로 표기하고 시설물을 지날 때 걸린 시간과 시설물의 길이를 표시하였다.



〈그림 1〉 추적조사 조사표 1

Ⅶ. 추적 조사 작성 예시 조사지번호 (No.)		
2. 역사명 : 사당역	3. 조사원 :	4. 조사일시 : 2014/5/15
5. 조사대상 : 노인	6. 조사경로 :	7. 총 이동거리 : 102.6m
8. 총 이동시간 : 2분 49초	9. 이동경로 그림	
1. 2호선 방배방향 5-1 → 2. 계단 → 3. 실내통로 → 4. 계단 → 5. 이수행 4호선 10-2		
10. 시설물	11. 이동시간	12. 불편사항
1. 2호선 방배방향 5-1	43초	17m
2. 계단	16초	5.9m 내려갈 때 손잡이 꼭 잡고 가심.
3. 실내통로	50초	47.2m
4. 계단	30초	12.4m 계단 내려갈 때 손잡이 꼭 잡고 가심.
5. 이수행 4호선 10-2	30초	20.1m

〈그림 2〉 추적조사 조사표 2

4. 경로조사 분석

1) 지하철 역사통행 분류

지하철 역사 내 통행을 기중점 기준으로 <표 4>와 같이 3가지 통행으로 구분하였다. 지하철 역사 출입구를 기점으로 하고 개찰구를 통과한 뒤 승강장을 기점으로 하는 유입통행과 승강장을 기점으로 하는 유출통행과 승강장을 기점으로 하는 환승통행으로 구분하였다. 환승통행의 경우 9호선을 제외하면 개찰구를 통과하지 않으며 조사역사에 9호선을 통과하는 역사가 없으므로 개찰구와는 무관하다고 판단하고 분석하였다.

유출통행, 기점과 종점이 모두 승강장인 환승통행으로 구분하였다. 환승통행의 경우 9호선을 제외하면 개찰구를 통과하지 않으며 조사역사에 9호선을 통과하는 역사가 없으므로 개찰구와는 무관하다고 판단하고 분석하였다.

〈표 4〉 지하철 통행 유형 분류

구분	기점	종점	비고
유입통행	출입구	승강장	하나의 개찰구 통과
유출통행	승강장	출입구	하나의 개찰구 통과
환승통행	승강장	승강장	-

2) 경로분석

동일한 링크를 두 번 지나지 않고 개찰구를 한번 지나는(환승통행은 개찰구 통과 제외) 경로를 본 연구의 역사 내 경로로 정의하여 분석하였다.

13개 환승역사에 대해서 각 출입구와 각 승강장을 기중점으로 하는 경로조사를 분석한 결과는 <표 5>와 같다. 엘리베이터를 이용하는 경로의 경우 엘리베이터를 탑승한 뒤 하차할 때까지의 통행 거리는 경로거리에서 제외하고 통행시간은 경로시간에 포함시켜 산정하였다. 평균 경로의 길이는 약 214.2m이고, 3개의 노선이 지나가는 동대문문화역사공원역과 5호선이 깊이 내려가 있는 충정로역은 평균 경로거리가 다른 역사에 비해 긴 것으로 분석되었다. 경로시간의 경우 경로거리가 길면 경로시간 역시 오래 걸리는 것으로 나왔으며 경로이동속도의 경우 역사마다 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 경로조사 결과

구분	경로 수	평균 경로거리 (m)	평균 경로시간 (s)	평균 이동속도 (m/s)
가산 디지털단지	76	172.9	226.6	0.8
강남구청	88	146	208	0.7
교대	148	223.3	211.8	1.1
도봉산	30	181	172.7	1.1
동대문역사 문화공원	271	258.1	226.7	1.1
모란	102	180	182	1.0
사당	117	192.4	201.4	1.0
시청	179	252.8	240	1.1
연신내	39	141.3	164.7	0.9
을지로3가	153	221.5	196.5	1.1
잠실	92	220.2	210.2	1.0
정자	99	128.7	166.8	0.8
충정로	93	275.3	271.1	1.0
13개 역사 평균	1144	214.2	212.6	1.0

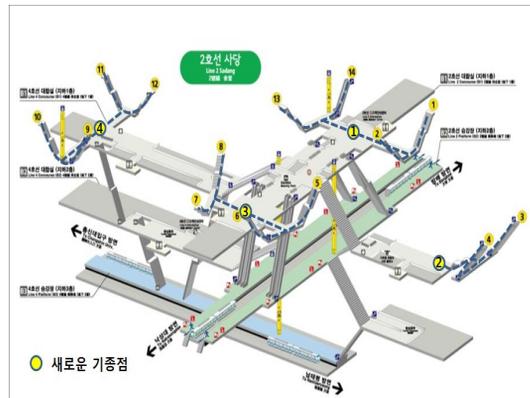
3) 지하철 역사경로 재분류

데이터 결측값을 줄이고 경로당 샘플 수를 확보하기 위하여 지하철 역사경로를 재분류하였다.

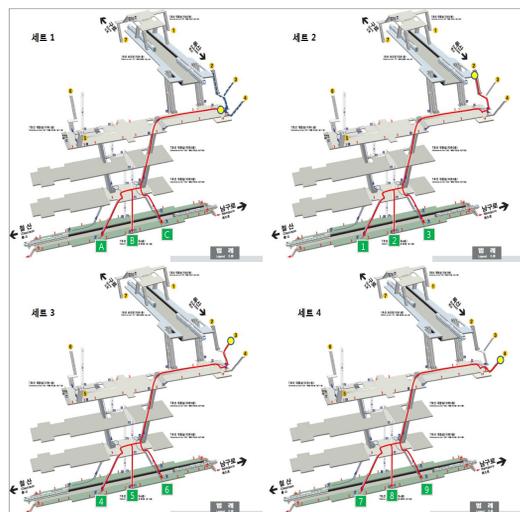
우선 역사의 형태에 따라 출입구가 군집되어 있는 지역에 하나의 새로운 기종점을 만들었다. 〈그림 3〉에 나와 있는 예시와 같이 사당역의 경우 1번, 2번, 13번, 14번 출입구가 군집되어 있는 부근을 새로운 1번 기종점으로 정의하였고 3번, 4번 출입구 부근은 2번 기종점으로, 5번, 6번, 7번, 8번 출입구 부근은 3번 기종점으로, 9번, 10번, 11번, 12번 출입구 부근은 4번 기종점으로 정하였다.

새로운 기종점에 관한 하나의 예시로 가산디지털단지역에서 새로운 기종점을 적용한 사례를 살펴해보았다. 〈그림 4〉와 같이 출입구 군집지역을 기점으로 하고 7호선 남구로 방면 승강장을 종점으로

로 갖는 새로운 기종점을 적용한 경로 A, B, C를 세트 1번으로 정의하였다. 2번 출입구를 기점으로 하고 7호선 남구로 방면 승강장을 종점으로 갖는 경로 1, 2, 3을 세트 2번으로 정의하였다. 3번 출입구를 기점으로 하고 7호선 남구로 방면 승강장을 종점으로 갖는 경로 4, 5, 6을 세트 3번으로 정의하였다. 4번 출입구를 기점으로 하고 7호선 남구로 방면 승강장을 종점으로 갖는 경로 7, 8, 9를 세트 4번으로 정의하였다.



〈그림 3〉 사당역 입구 그룹화 예시



〈그림 4〉 가산디지털단지 경로 재분류 예시

〈표 6〉 새로운 기종점과 기존 기종점 샘플 수 비교

세트	기점	종점	경로	추적조사 샘플 수
1	새로운 기종점	7호선 남구로 방면 승강장	A	2
			B	0
			C	5
2	2번 출입구	7호선 남구로 방면 승강장	1	1
			2	0
			3	0
3	3번 출입구	7호선 남구로 방면 승강장	4	0
			5	0
			6	0
4	4번 출입구	7호선 남구로 방면 승강장	7	1
			8	0
			9	5

〈표 7〉 기종점 정의에 따른 경로 수

구분	경로 수	
	기존	새로운 기종점
가산디지털단지	76	40
강남구청	88	28
교대	148	68
도봉산	30	30
동대문문화역사공원	271	123
모란	102	46
사당	117	38
시청	179	73
연신내	55	20
을지로3가	153	54
잠실	92	48
정자	99	42
충정로	93	37
역사 평균 경로 수	115.8	49.8

각 세트의 추적조사 샘플 수를 나타내는 〈표 6〉을 보게 되면, 3번 세트의 경우 4번, 5번, 6번 경로의 모든 샘플이 없다. 하지만 새로운 기종점을 통해 세트 2번, 3번, 4번을 합친 세트 1번은 경로당

샘플 수가 더 많고 결측값도 줄어든 것을 알 수 있다. 이처럼 새로운 기종점을 통한 분석을 시행할 경우 경로당 샘플 수 증가와 결측값이 감소하고, 경로의 특성은 크게 변하지 않은 채 분석경로 수를 줄일 수 있었다.

새로운 기종점을 정하여 경로를 정의한 결과 〈표 7〉과 같이 기존 경로가 역사 평균 약 115개의 경로 수가 약 49개로 줄어들었다.

5. 모형추정

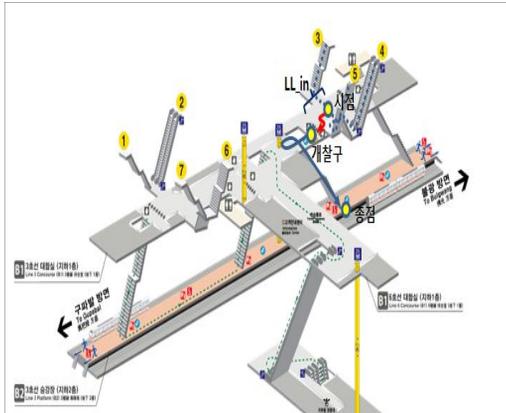
1) 변수 설정

추적조사를 통해 얻은 자료 809개 중 같은 기종점을 가지고 있는 경로군의 데이터가 충분히 구비되지 않은 경우와 결측 데이터를 제외하고 총 149개의 데이터를 통해 모형을 구축하였다. 종속변수는 기종점이 같은 경로 중 이용자들이 선택한 경로이고 독립변수는 이용자의 시작위치에 따른 특성 변수, 경로 특성 변수, 이용자 특성 변수로 구분하여 분석하였다.

지하철 이용자 경로선택에 있어 기종점이 같은 경로들의 통행거리 차이가 크지 않을 경우 통행 시작위치에서 가까운 시설물을 이용할 것으로 판단하였다. 따라서 출입구에서 개찰구까지의 거리, 지하철 객차 하차위치에서 시설물까지의 거리를 변수로 설정하였다. 기존 연구에서 제시되었던 통행거리와 이동제약자들이 주로 이용할 것으로 판단되는 엘리베이터를 경로 특성 변수로 활용하였다. 마지막으로 이용자 특성 변수는 고준호·김태형(2013)과 같이 이용자 개인특성을 설명변수로 사용하였다.

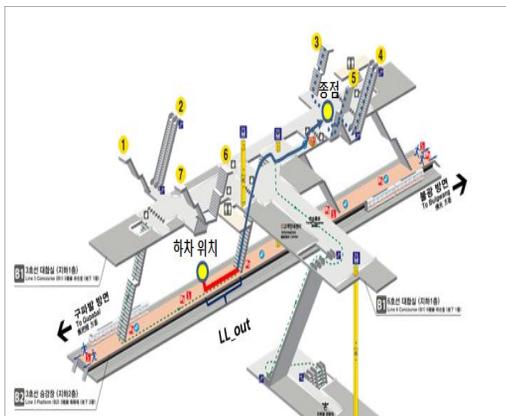
이용자 위치에 따른 특성은 유입통행 시 들어온 출입구 위치, 유출통행·환승통행 시 객차 하차

위치와 같이 이용자의 역사 내 통행 시작점의 위치에 따라 달라지는 특성변수이다. 유입통행에서는 변수 LL_in이 이용자 위치에 따른 특성에 해당되고 유출통행과 환승통행에서는 변수 LL_out과 St_ba가 이용자 위치에 따른 특성에 포함된다.



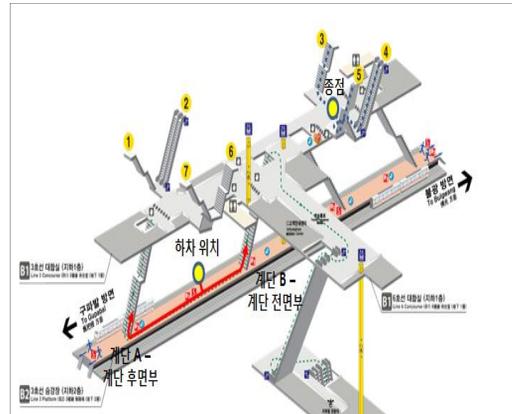
〈그림 5〉 변수 LL_in 설명

LL_in은 〈그림 5〉와 같이 유입통행 시 경로의 시작점인 기점에서 경로상에 위치해 있는 개찰구까지의 거리를 나타낸다.



〈그림 6〉 변수 LL_out 설명

LL_out은 〈그림 6〉와 같이 유출통행, 환승통행 시 이용자가 내린 하차지점부터 경로상에 위치해 있는 승강장과 이어져 있는 계단(에스컬레이터, 엘리베이터)까지의 거리를 나타낸다.



〈그림 7〉 변수 St_ba 설명

St_ba는 유출통행, 환승통행 시 이용자가 내린 하차지점부터 경로상에 위치해 있는 승강장과 이어진 계단(에스컬레이터)으로 이동할 때 계단(에스컬레이터)의 후면부가 보이는지 여부이다. 〈그림 7〉에서 하차위치에서 계단 A로 진행할 때 계단의 후면부가 보이고 계단 B의 경우는 계단의 전면부가 보이게 된다.

경로 특성 변수인 Len은 경로의 시점에서 중점까지의 거리에 관한 변수이고 Ev는 경로상 엘리베이터가 존재하는지를 표현하는 더미변수이다.

이용자 특성 변수는 일반인, 장애인, 임산부(아이 동반), 노인, 짐을 든 사람을 구분하기 위한 더미변수로 구성되어 있다. 이외에도 이동제한자인 장애인, 임산부(아이 동반), 노인, 짐을 든 사람을 묶어서 더미변수 incon을 추가하여 분석을 수행하였다.

<표 8> 변수 설명

구분	변수명	설명
이용자 시작위치에 따른 특성	LL_in	유입통행 시 출입구에서 개찰구까지의 거리(단위: m)
	LL_out	유출통행과 환승통행 시 승강장에서 계단(에스컬레이터, 엘리베이터)까지의 거리(단위: m)
	St_ba	1=승강장 하차지점에서 계단의 후면부가 보이는 경우 0=그 외
경로 특성	Len	경로 길이(단위: m)
	Ev	1=경로상 엘리베이터가 있는 경우 0=그 외
이용자 특성	Gen	1=일반인
		0=그 외
	Obs	1=장애인
		0=그 외
	Pre	1=임산부(아이 동반)
		0=그 외
	Old	1=노인
		0=그 외
Lug	1=짐을 든 사람	
	0=그 외	
incon	1=그 외	
	0=일반인	

2) 데이터 기초 분석

변수들을 설정한 후 변수들의 기본적인 특성을 파악하기 위해 기초분석을 실시하였다. 데이터 기초분석 결과 이용자들은 평균 약 100m 정도 거리를 이동하는 것으로 나타났다. 그리고 기종점을 새로 정의하면서 새로운 기점에서 출입구까지의 거리가 경로길이에 포함되지 않았기 때문에 <표 5>에서 제시한 경로 평균 길이(214.2m)보다 줄어들었음을 알 수 있었다. 이 밖에도 기초분석을 통해 일반인, 장애인, 임산부(아이 동반), 짐을 든 사람이 비슷한 비율을 갖는 데이터로 분석되었다.

<표 9> 데이터 기초 분석

변수명	평균값	빈도수
LL_in	22.1m	45
LL_out	28.3m	104
Len	98.1m	149
St_ba	0.72	104
Ev	0.31	46
Gen	0.22	33
Obs	0.16	24
Pre	0.22	33
Old	0.20	30
Lug	0.19	29
incon	0.78	116

3) 모형추정 결과

본 연구는 지하철역사 내에서 이용자들의 경로 선택의 영향요인을 알아내기 위해 이용자 시작위치에 따른 특성, 경로 특성, 이용자 특성 변수를 가지고 기종점이 같은 경로 중 어떠한 경로를 선택하는지 알아보기 위해 로짓모형을 구축하였다.

본 연구에서 사용한 로짓모형은 확률적 효용이 와이블분포임을 가정하는 확률선택모형이다. 로짓모형에 의하면 개인 n 이 대안 i 를 선택할 확률 $P_n(i)$ 는 다음과 같이 계산된다(윤대식·윤성순, 2004: 303).

$$P_n(i) = \text{Prob}(U_{i\epsilon} \geq U_{j\epsilon}, \forall j \in C_n) \\
 = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^J e^{V_j}}$$

모형추정 결과 우도비 값이 0.2855로 모델이 양

호한 설명력을 가지고 있고 변수들 역시 유의수준 0.05에서 설명이 되는 것으로 나타났다.

〈표 10〉 모형추정 결과

구분	변수명	계수값	t-value	p-value
이용자 시작위치에 따른 특성	LL_in	-0.03341**	-2.07	0.0386
	LL_out	-0.01488***	-4.59	0.000
	St_ba	-0.88915***	-2.94	0.0033
경로 특성 이용자특성	Len_incon	-0.00842**	-2.43	0.0151
	Ev_Obs	1.69299***	3.27	0.0011
	Ev_Lug	1.17201**	2.49	0.0127

$L(0) = -183,1658$, $L(\hat{\beta}) = -130,8822$, $\rho^2 = 0.2855$
 *** : 신뢰수준 99%에서 유의, ** : 신뢰수준 95%에서 유의

이용자 시작위치에 따른 특성 중 변수 LL_in 을 통해 유입통행 시 시점에서 개찰구까지의 거리가 가까운 경로를 택할 확률이 높은 것으로 분석되었다. LL_out을 통해서는 유출통행·환승통행 시 하차위치에서 계단(에스컬레이터, 엘리베이터)까지 거리가 가까운 경로를 택할 확률이 높음을 알 수 있었으며, St_ba를 통해 승강장에서 계단의 후면부가 보이는 경로를 택할 확률이 적은 것으로 분석되었다.

경로 특성과 이용자 특성 변수에서는 이용자 구분에 따른 경로거리와 엘리베이터에 대한 영향력을 알아보기 위해 기존 변수들을 통해 새로운 변수를 생성하여 분석하였다.

Len_incon은 경로거리를 나타내는 Len과 이동제약자를 나타내는 더미변수인 incon을 곱하여 만든 변수이고 Ev_Obs는 엘리베이터를 나타내는 더미변수 Ev와 장애인을 나타내는 더미변수

Obs를 곱하여서 만든 변수이다. Ev_Lug는 엘리베이터를 나타내는 더미변수 Ev와 짐을 든 사람을 나타내는 더미변수 Lug를 곱하여 만든 변수이다.

Len_incon을 통해 일반인을 제외한 장애인, 임산부, 노인, 짐을 든 사람은 경로거리가 멀어질수록 경로를 택할 확률이 줄어드는 것으로 나타났다. Ev_Obs와 Ev_Lug를 통해서는 장애인과 짐을 든 사람은 엘리베이터가 있는 경로를 택할 확률이 높으며 장애인이 짐을 든 사람보다 엘리베이터가 있는 경로를 택할 확률이 더 높은 것으로 분석되었다.

Ⅲ. 결론 및 정책제언

본 연구에서는 경로조사와 추적조사를 통해 데이터를 수집하였다. 데이터 수집 후 지하철 역사 내 통행을 기종점에 따라 분류하고, 지하철 역사 내 경로를 정의하여 RawData를 분석하였다. 기초 분석을 한 뒤 이용자가 경로선택에 있어 어떠한 요인들에 영향을 받는지 추정하기 위하여 로짓모형을 통해 모형을 구축하였다.

모형추정 결과 유입통행 시 시점에서 개찰구까지의 거리가 짧을수록 유출통행·환승통행 시 시점에서 계단(에스컬레이터, 엘리베이터)까지 거리가 짧을수록, 계단의 전면부가 보일수록 경로를 택할 확률이 높아지고 장애인과 짐을 든 사람은 엘리베이터 경로를 이용할 확률이 높다는 분석이 나왔다.

거리를 나타내는 변수인 LL_in, LL_out, Len_incon을 비교해보면 LL_in의 영향력이 제일 크고 Len_incon의 영향력이 제일 작음을 알 수 있었다. 이는 지하철 역사 내에서 기종점이 같은 경로들의 거리 차이가 크지 않기 때문에 경로

선택 시 경로의 거리차가 이용자들의 선택에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 따라서 총 경로길이보다는 LL_in, LL_out과 같이 이용자의 시작위치에서 가까운 시설물까지의 거리가 경로선택에 있어 더 많은 영향을 주는 것으로 분석되었다.

본 연구결과를 토대로 역사혼잡을 해결하기 위한 방안을 제시해보고자 한다. 역사 내 혼잡을 경로선택 측면에서 보게 되면, 역사 내 혼잡이란 시설물의 용량에 비하여 이용하는 사람들이 많기 때문에 발생한다. 이용자가 특정시설물에 많이 집중되는 이유는 특정시설물이 다양한 경로에 포함되어 있어 다양한 경로의 이용자들이 특정시설물을 많이 지나기 때문이다. 혹은 특정시설물을 지나는 하나의 경로를 많은 이용자들이 선택하기 때문에 특정시설물에 혼잡이 발생하기도 한다. 혼잡의 원인이 전자든 후자든 이용자들이 선택한 경로를 변경하게 되면 혼잡을 완화할 수 있다.

예를 들어 본 연구에 따르면 유출통행 시 이용자의 하차위치에서 가까운 계단(에스컬레이터)이 있는 경로를 선택하는 확률이 높은 것으로 나타났다. 따라서 승강장에서 개찰구로 가는 계단(에스컬레이터)을 증설하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

하지만 계단(에스컬레이터)의 증설비용이 너무 많이 들거나 공간적인 제약으로 증설이 어려울 경우가 발생할 수 있다. 이 경우에는 객차 내 이용자분포를 조절하여 시설물 혼잡을 해결할 수 있다. 지하철 객차마다 탑승하고 있는 이용자가 비슷하게 분포되어 있다면 다양한 위치에서 이용자가 하차할 확률이 높아진다. 이용자는 하차위치에서 가까운 계단(에스컬레이터)이 있는 경로를 선택하는 확률이 높기 때문에 다양한 위치에서 하차

를 하게 되면 이용자 수요가 균등하게 경로에 분배될 확률이 높아진다. 경로마다 비슷한 수요가 분포되면 시설물의 혼잡을 완화할 수 있게 된다. 따라서 객차마다 이용자가 비슷하게 분포되어 있는 것이 역사 내 혼잡완화에 도움이 되며 객차마다 이용자 분포를 비슷하게 하기 위한 방안으로는 승강장에서 객차 내 혼잡도를 알려주어 혼잡한 객차에 사람들이 탑승하지 않도록 유도하는 방안이 있다.

향후 연구에는 지하철 경로선택에 있어 중요한 변수로 작용할 것으로 예상되는 이용자의 역사 이용빈도, 지점 혼잡도 등을 추가적으로 반영하여 분석을 수행할 필요가 있다.

참고문헌

- 고준호·김태형, 2013, “보행 경로 선택 행태 분석: 최단 경로 선택 요인에 대한 해석을 중심으로”, 『서울도시연구』, 제14권 제4호, 157~169.
- 김진호·한석운·이우동, 2008, “지하철 역사의 혼잡도 현황에 대한 고찰”, 『2008년도 한국철도학회 춘계학술대회 논문집』, 1810~1816.
- 박명희·전규엽·홍원화, 2005, “지하공간의 보행자 이동 패턴과 경로선택 요인에 관한 연구”, 『한국주거학회 학술발표 논문집』, 제16권, 311~314.
- 박지환·오승훈·이종호, 2012, “보행환경 개선에 따른 환승역 보행행태 분석 연구”, 『대한토목학회지』, 32(3D): 189~196.
- 안은희·강석진·이경훈, 2004, “대규모 지하 상업공간에서의 보행자의 움직임과 경로선택 특성에 관한 연구”, 『대한건축학회 논문집 - 계획계』, 제20권 제9호, 21~28.
- 윤대식·윤성순, 2004, 『도시모형론』, 홍문사.
- 이종언·손봉수·김형진, 2008, “도심 쇼핑을 위한 보행

- 경로탐색알고리즘 개발”, 『대한토목학회지』, 28(2D): 147~154.
- Li, Y. and Tsukaguchi, H., 2005, "Relationships between Network Topology and Pedestrian Route Choice Behavior", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6, 241~248.
- Verlander, N. and Heydecker, B., 1997, "Pedestrian Route Choice: an Empirical Study", *Proceedings of the PTRC European Transport Forum*, 39~50.
- Wang, W., Li, P., Wang, W. and Namgung, M., 2012, "Exploring Determinants of Pedestrians' Satisfaction with Sidewalk Environments: Case Study in Korea", *Journal of Urban Planning and Development*, 138(2): 166~172.

원 고 접 수 일 : 2015년 4월 8일

1차심사완료일 : 2015년 4월 16일

최종원고채택일 : 2015년 4월 27일