

대중교통 환승통행량 영향요인 분석: 대구시를 대상으로

황정훈*

영남대학교 도시공학과

Analyzing Factors Affecting Public Transit Transfer Volume: Focused on Daegu City

HWANG, Jung Hoon*

Department of Urban Planning and Engineering, Yeungnam University, Gyeongbuk 712-749, Korea

Abstract

This study attempted to identify the characteristics of transfer trips between subways and buses in Daegu city and to analyze various impact factors that influence the number of transfer trips using a multiple regression analysis. Based on the results, this study aims to propose some policy implications to improve the operation efficiency of a transit center. As a result, it is found that the number of transfer trips is inversely proportional to transfer time, while directly proportional to the number of connected bus routes, subway's spatial location, and bus route connection index. Specifically, it is found that the number of transfer trips are mostly affected by bus route connection index.

본 연구에서는 대구시의 지하철과 버스간의 환승통행을 대상으로 환승통행특성을 분석하고 또한 다중회귀분석을 통해 버스와 지하철간의 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하여 이를 통한 대중교통환승센터에서 보다 많은 환승통행량이 처리될 수 있는 방안에 대해 모색하였다. 그 결과 환승시간은 환승통행량과 반비례하는 반면, 연계버스 노선수, 지하철역의 공간적 위치, 버스노선의 연계지수는 비례관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 표준화계수로부터 지하철역과 연계되는 버스노선의 특성을 반영한 버스노선의 연계지수가 가장 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

Keywords

bus, multiple regression analysis, public transit, subway, traffic card data, transfer volume
버스, 다중회귀분석, 대중교통, 지하철, 교통카드자료, 환승통행량

* : Corresponding Author
hbighead@yu.ac.kr, Phone: +82-53-810-2430, Fax : +82-53-810-4623

Received 17 March 2014, Accepted 24 April 2014

© 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.

서론

1. 연구의 배경 및 목적

대중교통은 노선운영의 제약으로 모든 통행의 기점과 종점을 한 번에 연결하는 것은 곤란하며 필연적으로 환승이 발생하게 된다. 환승은 통행의 저항요소이지만 효율적인 대중교통체계 구축과 운영을 위해서는 불가피하게 발생할 수밖에 없으며, 대중교통이용 활성화를 위해서는 대중교통수단 간의 연계 및 환승편의를 제공함으로써 환승에 대한 저항감을 줄이는 것이 중요하다.

대중교통환승센터는 대중교통수단 간의 환승편의를 위해 지하철역 주변에 건설하는 환승시설로 서울시의 청량리역, 여의도역 등에 건설되어 있다. 대중교통환승센터에서는 버스와 버스 또는 버스와 지하철간의 환승을 주로 처리하게 되는데, 무엇보다 지하철역 주변에 설치하게 되므로 버스와 지하철간의 환승통행량이 많은 지점에 우선순위를 두는 게 바람직할 것이다.

이를 위해서는 대중교통 이용자의 통행실태를 분석하여 지점별 환승통행량이나 환승유형 등의 다양한 환승통행태를 파악할 필요가 있으며, 나아가 대중교통 운영이나 시설적인 측면, 주변 토지이용 등과 환승통행량의 인과관계를 분석하여 환승통행량에 미치는 영향요인을 파악할 필요가 있다. 이는 기존 대중교통시설의 환승여건 개선을 위한 환승센터의 건설뿐만 아니라 지하철의 신규 건설이나 연장 등과 같이 계획단계에서 환승통행량을 고려한 환승센터의 입지를 선정하거나 부대시설 건설을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 대구시의 버스와 지하철간 환승통행을 대상으로 환승통행특성을 분석하고 또한 다중회귀분석을 이용해 버스와 지하철간의 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 또한 이러한 연구결과를 통해 향후 대중교통수단 간의 환승편의를 제고하기 위하여 설치되는 대중교통환승센터에서 보다 많은 환승통행량이 처리될 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

2. 연구 방법 및 내용

본 연구는 대구시의 대중교통(지하철, 버스) 교통카드 거래내역 원시자료로부터 지하철과 버스간의 환승통행자료를 이용하여 다음과 같은 내용으로 연구를 수행한다.

첫째, 환승통행자료를 지하철역 기준으로 환승통행실태를 분석한다.

둘째, 지하철역별로 버스-지하철 간의 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 환승통행량을 종속변수로 하고 이에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들을 설명변수로 하여 다중회귀분석을 실시한다. 설명변수로는 대중교통시설 및 운영과 관련된 지하철역과 연계되는 버스노선수, 환승시간, 지하철역의 공간적 위치, 연계되는 버스노선의 특성을 반영할 수 있는 버스노선의 연계지수로 한다.

셋째, 다중회귀분석 결과로부터 환승통행량에 영향을 미치는 요인과의 인과관계를 분석한다.

이론적 고찰

1. 기존 연구고찰

환승통행과 관련된 연구의 대부분은 지역별 환승통행특성을 분석한 연구보고서(Kim et al., 2012; Park and Song, 2008; Lee, 2003a; Lee, 2003b)가 주를 이루고 있으며, 이들 보고서에서는 각 지역별 교통카드 자료를 이용하여 환승통행 패턴, 지점별 및 시간대별, 지역간 환승통행량 및 특성 분석 등을 실시하고 이를 통해 정책적 시사점을 도출하고 있다. 그러나 이러한 연구들에서는 각 지역의 환승통행을 다양한 기준으로 분류하고 집계하여 그 특성을 나타내었다는 점에서는 의의가 있으나 환승통행량이나 통행패턴에 영향을 미치는 요인들과의 인과관계를 다루고 있지는 못하다.

이러한 연구는 제한적으로 이뤄지고 있으나 Kim and Lee(2012)는 버스정류장 기준의 환승통행량을 기준으로 군집분석을 실시하여 그룹을 나누고 각 그룹별 환승통행량에 영향을 미치는 요인으로 버스노선수, 평균 배차시간, 일승차인원, 도심거리, 환승량, 접근거리, 환승시간을 설정하고 이를 판별분석을 통해 환승유형별로 판별모형을 구축하였다. 연구결과로는 버스에서 도시철로의 환승하는 경우 일승차인원, 지하철에서 버스로 환승하는 경우는 일승차인원과 도심거리가 판별요인으로 제시되었다. 즉 지하철과 버스 간의 환승수요는 버스정류장에서의 일승차인원과 버스정류장의 도심에서의 거리가 영향을 미친다고 하였으나 버스정류장의 일승차인원은 버스노선이 변경되는 경우 유동적인 값으로 지하철과의 연계 강화를 위해 버스노선을 조정한다면 이를 설명하는 데는 한계가 있을 것이다.

그 외 환승과 관련된 대부분의 연구는 환승센터의 입

지선정과 관련된 연구로 Kwon and Kim(2005)은 환승센터의 개념을 정리하고 환승센터의 입지형태별 기능과 역할에 따라 유형별로 분류하고 각 유형별 기능과 시설에 대한 설계방안을 9개의 유형별 프로토타입으로 제시하는 연구를 수행하였다. 또한 Yoo(2012)는 서울시의 대중교통 환승통행 현황을 분석하고 환승효율성 제고를 위한 환승센터 건립 시 입지선정을 위한 수리모형을 이중구조모형으로 구축하고 예제 네트워크 적용을 통해 해법의 수렴성과 모형의 적용성을 평가하였다.

이와 같이 환승과 관련된 기존 연구에서는 지역별 환승통행의 특성을 특정 기준에 따라 분류하고 집계하거나 환승센터의 유형구분이나 입지선정에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 환승통행량에 미치는 영향을 분석한 연구가 있으나 매우 제한적이다.

지하철과 버스로 구성되는 대도시의 대중교통운영체계에 있어 필연적으로 발생하는 환승통행을 보다 신속하고 편리하게 처리하기 위해서는 대중교통수단 간의 환승통행태도와 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 다각적으로 분석할 필요가 있다. 이러한 측면에서 버스와 지하철간 환승통행을 대상으로 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 분석한다는 점에서 본 연구의 의의가 있을 것이다.

2. 대구시 지하철 개요

대구시에서 운행 중인 지하철은 동부 외곽의 안심역에서 남서부 외곽의 대곡역을 연결하는 1호선(총연장 25.9km, 30개 역)과 대구시와 연결한 경산시의 영남대역에서 서부 외곽의 문양역을 연결하는 2호선(총연장 31.4km, 29개 역)이 있다. 2개의 지하철노선은 도심인 반월당에서 교차하고 있으며, 현재 대구시의 남북 외곽



Figure 1. Subway lines in Daegu city

을 연결하는 3호선이 노레일로 건설 중이며 2014년 개통 예정이다.

지하철은 1997년 1호선 일부구간의 개통을 시작으로 최근 2호선 경산구간 연장개통까지 점진적으로 확장되어 왔으며, 효율적인 대중교통운영체계를 구축하기 위하여 지하철 노선과 중복되거나 연계 강화를 위하여 버스노선을 조정하고 요금체계도 무료환승제를 도입하여 대중교통 이용활성화를 도모하여 왔다.

버스-지하철 환승통행특성

1. 분석 자료

본 연구에서는 대구 및 경산시의 버스 및 지하철 교통카드자료를 바탕으로 버스-지하철간의 환승통행자료를 추출하였다. 대구시와 경산시는 연결한 도시로 각 지역별로 지역 내를 운행하는 버스노선뿐만 아니라 두 지역을 운행하는 개별노선과 공동으로 운영하는 공동배차노선이 있다. 또한 지하철 2호선이 경산시 소재의 영남대학교까지 연장 개통되어 두 지역의 대중교통 통행자료를 분리하는 것이 곤란하며, 본 연구의 대상인 지하철과 버스간의 환승통행이 두 지역의 버스노선과 연계되어 있어 두 지역의 대중교통자료를 분석에 이용하였다.

교통카드자료는 2012년 10월 8일(월) - 12일(금) 평균 1주일의 자료이며, 일평균 교통카드 거래건수는 1,739,134건이며, 각 요일별로 교통카드ID와 거래유형(선승 승하차, 환승 승하차), 차량ID, 지하철역ID를 이용하여 버스와 지하철간의 환승통행 자료를 추출하여 분석에 이용하였다. 본 연구에서는 환승통행을 지하철역 기준으로 분석하기 때문에 버스가 선승이고 지하철이 환승인 경우는 지하철 승차역, 지하철이 선승인 경우는 하차역이 환승통행량을 집계하는 기준이 된다.

2. 대중교통 환승유형

대구시와 경산시의 평일(월-금) 평균 대중교통 통행량은 946,797통행으로 이 중 단일통행이 71.8%, 환승통행이 28.2%를 차지하고 있다. 통행형태별로는 버스 단일통행이 55.2%로 가장 많으며, 다음으로 지하철 단일통행 16.6%, 버스-버스 환승통행 15.1%, 버스-지하철 환승통행 9.1%, 지하철-지하철 환승통행 4.1%의 순으로 나타났다.

Table 1. Number of trips by types of transit trip

Type of transit trip	Number of trips	Proportion
Non-transfer Bus	522,735	55.2%
Subway	156,931	16.6%
Transfer Bus-Bus	143,049	15.1%
Subway-Subway	38,366	4.1%
Bus-Subway	85,715	9.1%
Total	946,797	100.0%

3. 지하철역별 환승통행량

환승통행량 중 본 연구의 대상인 버스와 지하철간의 환승통행을 지하철역 기준으로 살펴보면, 대구시 동부 외곽(경산시와 경계)에 위치한 안심역이 전체 환승통행량의 8.3%로 가장 많으며, 다음으로 서부 외곽의 상인역(6.8%), 대곡역(5.3%) 등으로 지하철 1호선의 도시 외곽지역에서 환승이 많은 것으로 나타났다. 안심역은 경산시와 영천시의 버스노선이 연계되는 첫 번째 역이며, 대곡역은 달성군과 연계되는 첫 번째 역이며, 상인역은 대곡역과 인접해 있으나 역 주변에 대규모 주거지역이 형성되어 있다. 반면 2호선은 1호선과 달리 상대적으로 도심과 그 주변지역에서 환승이 많아 지하철 노선별

로 상이한 특성을 나타내었다.

환승통행의 선승수단으로는 버스가 50.3%로 지하철과 거의 차이가 없으며, 환승통행의 총 통행시간은 평균 42.3분이며, 이 중 지하철 재차시간이 22.0분으로 총 통행시간의 52.1%, 버스재차시간이 11.7분으로 27.7%, 환승 및 대기시간은 8.5분으로 20.2%를 차지하는 것으로 나타났다. 수단별 재차시간은 전체 통행시간 중 지하철이 버스보다 약 2배 더 많은 것으로 나타났다. 지하철역 환승통행량의 공간적 분포는 전반적으로 도심과 도시 외곽, 시계유출입 지점에서 많이 발생하고 있으나 지하철 2호선보다 1호선역의 환승통행량이 상대적으로 많으며, 특히 1호선의 아양역이나 성당못역, 2호선의 감삼역과 만촌역 등은 공간적인 전체 분포형태와는 관계가 없는 것으로 나타났다.

환승통행량 영향요인 분석

1. 설명변수 선정

본 연구에서는 지하철역별 버스-지하철 간의 환승통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 환승통행량을 종속변수로 하고 이에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들을 설명변수로 하여 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 실시하였다. 설명변수로는 대중교통시설 및 운영과 관련된 지하철역과 연계되는 버스노선수, 환승시간, 지하철역의 공간적 위치, 연계되는 버스노선의 특성을 반영할 수 있는 버스노선의 연계지수로 하였다.

1) 지하철역별 연계버스 노선수

연계버스 노선수는 지하철역 주변 버스정류장을 정차하는 노선수로 환승 가능한 버스정류장의 범위에 따라 노선수가 달라진다. 이에 본 연구에서는 각 역별 환승통행자료로부터 실제 환승이 이루어진 버스노선을 연계노선으로 하였으며, 각 역별 연계노선수를 분석에 이용하였다.

지하철 1호선과 2호선 지하철역과 연계되는 버스노선수는 총 59개 역 중 16개(27.1%)가 11-15개의 버스노선과 연계되며, 다음으로 12개(20.3%) 역이 15-20개, 11개(18.6%) 역이 5-10개 등의 순으로 나타났다. 가장 많은 노선과 연계되는 역은 지하철 2호선 반월당2역으로 51개 노선이 연계되며, 또한 1호선 중앙로역이 50개 노선과 연계되는 것으로 나타났다.

공간적으로는 Figure 3에 나타난 것과 같이 도심부

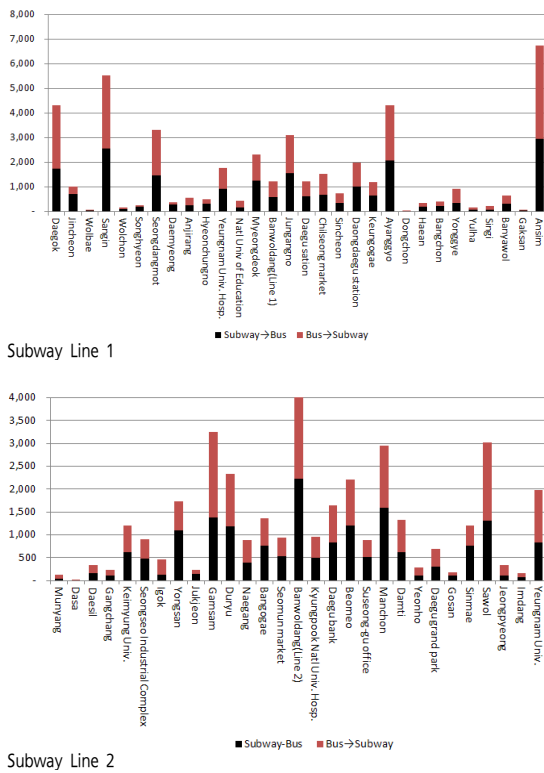
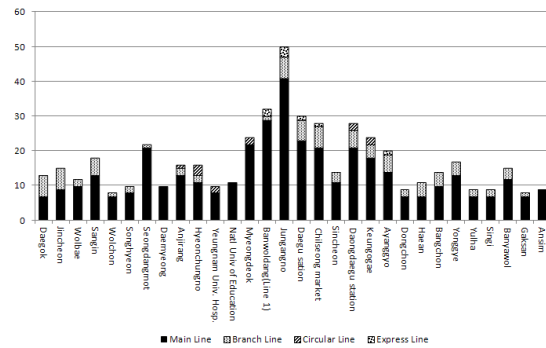


Figure 2. Number of transfers by subway stations

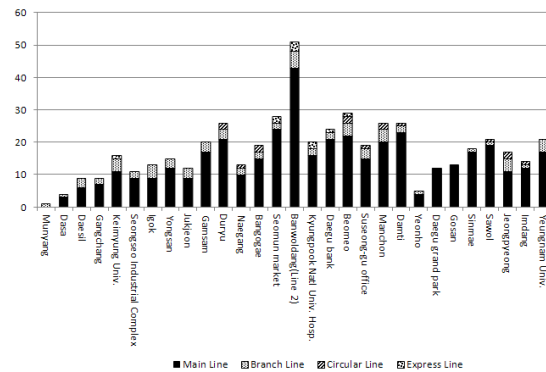
Table 2. Number of connected bus routes by station

Number of CBR	Number of stations	Number of CBR	Number of stations
5	3	21-25	6
5-10	11	26-30	8
11-15	16	-31	3
15-20	12	Total	59

a. CBR: Connected bus routes



Subway Line 1



Subway Line 2

Figure 3. Number of CBR by subway subways

에 위치한 지하철역의 연계버스 노선수가 많으며, 또한 도시외곽의 대규모 주거지역에 위치한 역에서도 많은 것으로 나타났다.

2) 환승시간

환승시간은 선승수단 하차후 후승(환승)수단 승차까지의 소요시간으로 본 연구에서는 교통카드의 승차 및 하차 태그시간을 이용하여 산정하였다. 즉 선승수단에서 하차태그 후 후승수단에서 승차태그까지의 소요시간으로 버스에서 지하철로의 환승인 경우는 지하철 대기시간이 반영되지 않기 때문에 시간대별 지하철 배차시간을 이용하여 평균대기시간 3분 30초를 반영하였다.

Table 3. Transfer time by types of transit trip (unit: minute)

	Subway → Bus	Bus → Subway	Average
Line 1	8.3	7.6	7.9
Line 2	8.6	8.0	8.3
Average	8.4	7.8	8.1

반면 지하철에서 버스로의 환승은 후승수단인 버스의 경우 승차태그와 동시에 버스승차이므로 대기시간이 이미 반영되어 있다. 또한 지하철 승차 및 하차태그는 지하철과 개찰구가 이격되어 있으나 승차나 하차태그 후 동일한 구간을 이동하기 때문에 환승시간 산정시 제외하였다.

전체적으로 지하철 2호선(8.3분)보다 1호선(7.9분)의 환승시간이 짧고 후승(환승)수단이 지하철(7.8분)보다 버스(8.4분)의 경우가 환승시간이 더 긴 것으로 나타났다. 이는 지하철의 평균배차간격보다 버스의 배차간격이 길어 대기시간이 증가하기 때문이며, 또한 지하철역별 환승시간은 버스정류장과의 이격거리, 지하철역내 보행자동선, 연계버스의 배차간격 및 노선수 등과 관련될 수 있으나 본 연구에서는 이러한 시설 및 운영조건이 반영되어 환승시간이 나타난 것으로 판단하고 산정된 환승시간을 분석에 이용하였다.

3) 지하철역의 공간적 위치

버스-지하철간의 환승통행은 지하철역의 공간적 위치에 따라 영향을 받을 것으로 판단되며, 지하철역의 공간적 위치를 계량화하기 위해서는 대상지역의 도시공간구조 및 노선형태를 고려해야 할 것이다. 대상지역인 대구시의 경우 도심이 도시 전체의 중앙에 위치해 있으며 두 개의 지하철 노선이 도심에서 교차하는 형태로 되어 있다. 이러한 경우 지하철역의 공간적 위치를 도심을 기준으로 한 상대적인 위치로 나타낼 수 있지만, 서울이나 부산 등 타 도시의 경우에도 같은 방법으로 적용하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다. 도시공간구조를 고려한 지하철역의 공간적 위치와 환승통행량의 인과관계를 파악하기 위해서는 다양한 도시의 교통카드자료가 필요하지만 자료 수집에 어려움이 있어 본 연구에서 이를 일반화하여 모형의 변수로 포함시키기에는 한계가 있다. 이에 대해서는 추후 연구과제로 두고 본 연구에서는 대상지역의 도시공간구조와 지하철 노선형태를 고려하여 지하철역의 공간적 위치는 상대적 위치의 개념을 반영하고자 대구시의 도심에 위치하고 2개 지하철노선이 교차하며 각 지하철노선의 중앙에 위치하는 반월당역을 기준으로 각 역의 이격거리(km)로 나타내었다.

4) 버스노선의 연계지수

버스노선의 연계지수(BRCI: Bus Route Connection Index)는 지하철과 연계되는 버스노선의 특성을 반영하기 위한 것으로 지하철역과의 연계형태, 연계노선의 접근거리, 연계되는 지하철역의 공간적 위치를 고려하였다.

먼저 지하철역과 연계되는 버스노선의 연계형태는 Figure 4에 나타낸 것과 같이 버스노선 일부가 단일 지하철역(B)과 연결되는 형태(Route1), 또는 복수의 지하철역과 연속적으로 연결되는 경우 연계되는 지하철역의 순서에 따라 시점역, 중간역, 종점역 형태 등 총 네 가지의 연결형태로 구분하였다. 예를 들어 Route2은 시점역(A)과 2개소의 중간역(B, C), 종점역(B)과 연결되며, Route3은 시점역(A)과 중간역(B), 종점역(C)와 연결되는 형태이다.

이와 같이 지하철역과의 연계형태를 고려하는 것은 지하철역에 버스노선이 연계되더라도 단독으로 교차되는 노선인지 아니면 중복되는 노선의 경우 연계역의 순서에 따라 환승통행량이 달라질 것이라는 전제를 두고 있으며, 이에 각 연결형태에 따라 가중치를 부여하였다.

이 중 복수의 지하철역과 연속적으로 연결되는 형태의 가중치는 이러한 연결형태를 나타내는 버스노선 중 버스-지하철간의 환승교통량이 많은 상위 10개 버스노선을 표본으로 추출하여 Table 4에 나타낸 것과 같이 시점역 및 중간역, 종점역에서의 지하철로의 환승통행량 비율을 평균하여 구하였다. 이를 바탕으로 연결형태에 따른 가중치는 지하철역과 단독으로 연결되는 경우는 1.0, 복수의 지하철역과 연결되는 경우 시점역이면 0.7, 중간역이면 0.2, 종점역이면 0.1로 하였다.

또한 연계노선의 접근거리는 지하철역과 연계되는 버스노선의 이용수요를 반영하기 위한 것으로 버스노선별 정류장별 승하차 정보를 이용하면 되지만, 대구시와 경산시의 교통카드 원시자료에 포함된 승하차 정류장 정보는 사전 검토에서 카드단말기에 내장된 버스노선정보 및 정류장 위치 정보의 오류로 인해 신뢰성이 떨어지는 것으로 나타났다.

이에 본 연구에서는 지하철역과 연계되기 이전의 버스노선 길이로 하였으며, 교외지역의 경우 연도변 토지

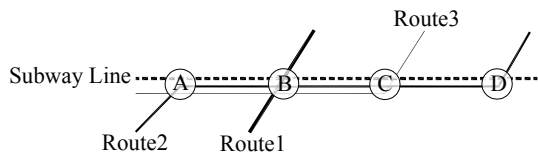


Figure 4. Types of connection between bus and subway

이용이 없는 구간은 노선 길이에서 제외하였다. 버스노선과 연계되는 지하철역의 공간적 위치는 어떤 버스노선이 다수의 지하철역과 산발적으로 연계될 경우 지하철역의 공간적 위치에 따라 환승통행량이 달라질 수 있으므로 시점 및 종점역을 1로 하고 이로부터 역간 거리에 따른 상대적 위치를 지수로 반영하였다.

이상의 연계노선의 연결형태와 연계노선의 길이를 반영한 각 지하철역의 버스노선 연계지수는 다음과 같다.

$$BRCI_s = \sum_{sr=1}^n (W_{sra} \cdot D_{sra} + W_{srb} \cdot D_{srb}) \cdot S_w$$

- 여기서, $BRCI_s$: 지하철역 s 의 버스노선 연계지수
- sr : 지하철역 s 와 연계되는 버스노선 r
- W_{sr} : 지하철역 s 와 연계되는 버스노선 r 의 연결형태 가중치
- D_{sr} : 지하철역 s 와 연계되는 버스노선 r 의 접근거리
- S_w : 지하철역 s 의 시점 및 종점역 기준의 상대적 위치지수
- a, b : 버스노선의 운행방향으로 a 는 정방향, b 는 역방향

각 지하철역별로 연계지수를 Figure 5에 나타내었으며, 1호선의 경우 환승통행량의 분포와 전반적으로 유사하게 나타났으나 도심에서는 연계되는 버스노선수의 영향으로 환승통행량 대비 연계지수가 높게 나타났다. 2호선의 경우도 전반적으로 환승통행량의 분포와 유사하게 나타났으나 도심보다 동부 외곽방향의 역이 연계지수가 높게 나타난 것은 대구시의 동쪽에 연결해 있는 경산시

Table 4. Proportion of transfers by types of connection between bus and subway

Bus Route	Types of connection between bus and subway		
	Start position	Middle position	End position
509	85.0%	9.5%	5.5%
618	59.0%	32.0%	9.0%
106	72.0%	15.0%	13.0%
818	60.0%	22.0%	18.0%
836	71.0%	23.0%	6.0%
726	64.0%	8.0%	28.0%
604	84.0%	7.0%	9.0%
508	59.0%	34.0%	7.0%
349	63.0%	35.0%	2.0%
305	57.0%	35.0%	8.0%
Average	67.4%	22.1%	10.6%

의 버스노선이 주로 도심까지만 연결되어 있기 때문에 판단된다.

2. 분석 결과

다중회귀분석 결과, 모형의 설명력을 나타내는 R²값은 0.559(수정 R²은 0.527), 분산분석에 의한 모형의 적합성은 F값이 17.133으로 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한 설명변수 간의 상관관계 문제를 검토하기 위한 다중공선성진단 결과는 VIF 값이 모두 10이하를 보여 문제가 없는 것으로 나타났다.

특히 R²값은 독립변수들에 의한 종속변수의 설명력을 나타내는 것으로 변수들의 관계를 고도의 정밀도로 밝힐 수 있는 자연과학이나 공학에서는 0.95 이상의 높은 값이 요구되기도 한다. 그러나 본 연구와 같이 다양한 통행자의 특성이나 통행여건 및 교통환경 속에서 이뤄지는 통행행태를 설명하기 위한 모형의 적합도는 상대적으로 낮게 된다. 결정계수는 모형의 적합여부를 판단하는 측도로서 연구분야별로 적합한 기준이 제시되어 있지는 않

지만, Kim and Kim(2005)은 변수들의 관계가 복잡하고 실험조건과 같이 인위적인 조정이 불가능한 사회과학의 문제들에 대해서는 0.4 내지 0.6 정도의 값도 의미 있는 적합도로 해석하기도 한다고 하였다.

회귀모형의 계수를 살펴보면 버스노선의 연계지수와 연계버스 노선수, 지하철역의 공간적 위치는 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하며, 또한 환승시간은 유의수준 0.1에서 유의한 것으로 나타났다. 즉 버스노선의 연계지수가 높을수록 지하철과의 환승통행량이 많으며 또한 지하철과 연계되는 버스노선수가 많을수록, 지하철역이 도시 외곽지역에 위치할수록 환승수요가 많은 것으로 나타났다. 반면 버스와 지하철간의 환승시간은 반비례 관계로 환승시간이 길수록 환승통행량이 적은 것으로 나타났다.

표준화된 회귀계수로부터 각 설명변수가 미치는 영향력을 살펴보면 버스노선의 연계지수가 0.546으로 본 연구에서 고려된 설명변수 중 가장 많은 영향을 미치며, 다음으로 버스노선수(0.275), 지하철역의 공간적 위치(0.248), 환승시간(-0.184) 등의 순으로 나타났다.

결론

본 연구에서는 대구시를 대상으로 교통카드 거래내역 자료로부터 지하철과 버스간의 환승통행량을 지하철역을 기준으로 추출하고 환승통행특성 및 환승통행량에 영향을 미치는 요인에 대해서 분석하였다.

먼저 지하철역 환승통행량의 공간적 분포는 전반적으로 도심과 도시외곽, 시계유출입 지점에서 많이 발생하고 있으나 공간적 입지유형과 연관시키기 어려운 지점 또는 다수 있는 것으로 나타났다. 이에 환승통행량에 영향을 미칠 것으로 판단되는 지하철역 연계버스 노선수,

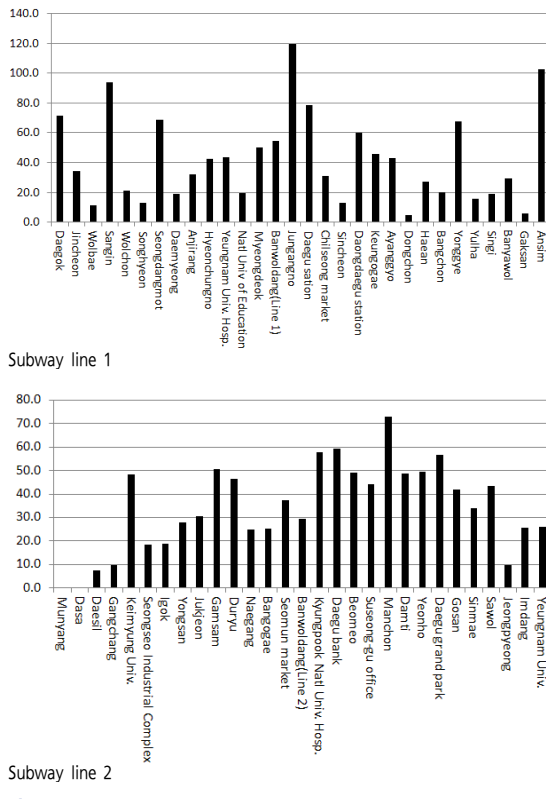


Figure 5. BRCI by subway station

Table 5. Estimation results for multiple regression model

	Coefficient	Std. coefficient	t	Sig.	VIF
Constant	130.824		0.145	0.885	
Number of bus routes	41.482	0.275	2.142	0.037	2.023
Transfer time	-2.722	-0.184	-1.784	0.080	1.303
Station location	0.080	0.248	2.165	0.035	1.061
Bus route Connection Index	30.991	0.546	4.596	0.000	1.731

R² = 0.559, Adjusted-R² = 0.527, F-value = 17.133

환승시간, 지하철역의 공간적 위치, 연계되는 버스노선의 특성이 반영될 수 있는 버스노선의 연계지수를 설명 변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

분석 결과 버스-지하철간의 환승통행량은 환승시간에 반비례하는 반면, 나머지 변수들과는 비례관계를 나타내었다. 특히 지하철역과 연계되는 버스노선의 특성을 반영한 버스노선의 연계지수가 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 지하철역과 연계되는 버스노선이 어떠한 형태로 연결되느냐에 따라 환승통행량이 달라지며, 지하철역과 연계되기 전 버스노선 길이가 길수록, 지하철역과 단독으로 연계 또는 복수의 지하철역과 연계되는 경우 연계노선의 시점역일수록 환승통행량이 많은 것으로 나타났다.

이러한 연구결과는 향후 대중교통수단 간의 환승편의를 제고하기 위하여 대중교통환승센터를 설치할 경우, 보다 많은 환승통행량이 집중 처리되고 보다 많은 이용자들의 편의 증진을 위해 환승시간이 최소화될 수 있는 시설정비가 필요함을 나타내고 있다. 또한 버스노선조정을 통해 연계버스노선의 다양화 및 버스와 연계성 강화를 위하여 환승센터역과 단독 연계 또는 인접한 역들과 연속적으로 연결되는 경우에는 가급적 시점역으로 연계되도록 하는 것이 필요함을 나타내고 있다.

예를 들어 대구시 지하철 1호선 상인역과 대곡역은 도시외곽에 인접해 위치하고 있으며, 총 59개 역 중 2번째와 3번째로 환승통행량이 많다. 이 지역에 대중교통환승센터를 계획한다면 연계되는 버스노선을 조정하여 환승통행량을 집중시키고 환승편의시설을 정비하여 보다 많은 환승통행자의 편의를 제고해야 할 것이다.

본 연구의 한계로는 연구대상지역이 대구시로 한정되어 보다 일반론적 연구결과를 제시하기 위해서는 타 도시와 비교분석할 필요가 있다. 또한 대구시 교통카드자료의 정보 제약으로 인해 버스이용자의 승하차지점이 파악되지 않아 구간별 버스수요나 대중교통 기종점 통행특성이 반영되지 못한 한계가 있다. 향후 교통카드시스템의 개선을 통해 추가적인 정보가 구축된다면 보다 다양한 변수를 고려하여 연구결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

Cha D. D., Oh J. H., Park W. Y., Park S. B. (2009), A Model of a Relative Evaluation of the Transfer

Distance Between Two Modes, J. Korean Soc. Transp., 27(1), Korean Society of Transportation, 35-42.

Kim G. S., Kim C. L. (2005), Regression Analysis, Kyowoosa, Korea.

Kim J. H., Son J. Y., Kang M. H. (2012), The Analysis of Transit Transfer in Incheon by Card Data, Incheon Development Institute.

Kim K. H., Lee S. C. (2012), A Study on the Development Directions of Transfer Stations with Traffic Cards Data - Focused on Daegu City, J. Korean Soc. Civ. Eng., 32(6D), Korean Society of Civil Engineers, 539-547.

Kwon Y. J., Kim H. B. (2005), Establishment of the Functions and Design Criteria of Different Types of Transit Centers, J. Korea Plan. Assoc., 40(2), Korea Planners Association, 121-131.

Lee. E. J. (2003a), The Analyzing Methods of Mass Transit Travel Behavior by Smart Card Data-Base, Busan Development Institute.

Lee. S. H. (2003b), Analysis on Transfer Trip of Seoul, Seoul Development Institute.

Park K. C., Song J. H. (2008), Analysis on Transfer Trip of GyeongGi-Do, Gyeonggi Research Institute.

Yoo G. S. (2012), A Model and Algorithm for Optimizing the Location of Transit Transfer Centers, J. Korean Soc. Transp., 30(1), Korean Society of Transportation, 125-133.

✉ 주 작성자 : 황정훈

✉ 교신저자 : 황정훈

✉ 논문투고일 : 2013. 8. 29

✉ 논문심사일 : 2013. 11. 25 (1차)

2014. 1. 10 (2차)

2014. 3. 26 (3차)

2014. 4. 16 (4차)

2014. 5. 8 (5차)

✉ 심사판정일 : 2014. 5. 8

✉ 반론접수기한 : 2014. 10. 30

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필