

수도권 광역도시철도 하루 시간대별 이용 빈도에 의해 구분된 역 집단과 통행자의 통행 연쇄 패턴 간 관계

이금숙* · 박종수** · 김호성*** · 조창현****

Relationship between Diurnal Patterns of Passenger Ridership and Passenger Trip Chains on the Metropolitan Seoul Metro System

Keumsook Lee* · Jong Soo Park** · Ho Sung Kim*** · Chang-Hyeon Joh****

요약 : 본 연구는 수도권 광역도시철도 이용에서의 통행 연쇄 패턴으로 구분한 이용자 집단 특성과 총 이용 빈도 및 시간대 별 이용 빈도로 구분한 역 집단 특성 간의 관계를 분석함으로써 수도권 광역도시철도 역 이용의 일반 특성을 규명하였다. 이를 위해 2005년도 6월 하루 동안 수도권 광역도시철도 전체 357개 역을 이용한 274만여 명의 역 이용자를 11개 통행 연쇄 패턴으로 구분하고, 이 중 2통행 수 이하의 단순 통행 5개 패턴에 해당하는 240만여 명의 통행 자료를 분석하였다. 분석 결과 이용객 수 및 시간대 별 출발 및 도착 비율에 근거하여 4개의 역 집단 구분이 가능하였으며, 특히 역 집단 간에는 계층적 구조가 존재함을 알 수 있었다. 또한 하루 동안의 역 이용 빈도가 역 집단 별로 일관된 차이를 보이는 것은 모든 이용자 집단에 있어 동일하나, 시간대 별 이용 비율은 역 이용자의 최초 통행의 도착역이 최종 통행의 출발역과 같은가 여부, 최초 통행의 출발역이 최종 통행의 도착역과 같은가 여부 등에 따라 달라짐을 알 수 있었다.

주요어 : 수도권, 광역도시철도 역, 통행 연쇄 패턴, 역 이용 빈도

Abstract : This study investigates the diurnal pattern of transit ridership in the Metropolitan Seoul area. For the purpose, we use a weekday Smart Card passenger transaction data in 2005. Eleven passenger trip patterns are found from 2.74 million passengers moving on the Metropolitan Seoul Metro system. Among them, we analyze 2.4 million passengers belonging to five trip types having only one or two transaction record during a day. A total of 357 metro stations are classified to four types according to their diurnal pattern of passenger riderships. We analyze the relationships between passenger's trip chain patterns and subway station's diurnal transit ridership patterns. The result shows that the ratio of the number of passengers of particular time of the day is hierarchically related with trip chain patterns.

Key Words : Metropolitan Seoul area, metro stations, trip chain pattern, diurnal pattern of transit ridership

이 논문은 2008년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-327-B00821/2).

* 성신여자대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Sungshin Women's University), kslee@sungshin.ac.kr

** 성신여자대학교 IT학부 교수(Professor, School of Information Technology, Sungshin Women's University), jpark@sungshin.ac.kr

*** 성신여자대학교 미디어커뮤니케이션학과 교수(Professor, Department of Media Communication, Sungshin Women's University), hkim@sungshin.ac.kr

**** 경희대학교 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Kyung Hee University), bwchjoh@khu.ac.kr

1. 서론

교통 문제의 완화는 주택, 환경 문제 등과 더불어 오늘날 세계 대도시권이 공통적으로 갖고 있는 대표적인 정책 목표이다. 서울, 인천, 경기를 포함하는 우리나라 수도권의 교통 역시 사회적 비용과 환경 측면에서 매우 심각한 도시 문제가 되어 왔다. 이에 따라 수도권의 3개 시·도 지자체는 주택 문제와 함께 교통 문제를 가장 중요한 민생 문제의 하나로서 그 개선에 힘써 왔다. 그러나 수도권 전체를 넘나드는 교통 문제의 특성상, 개별 자치단체의 독자적 교통 정책 수행에는 한계가 있기 때문에 3개 시·도의 공무원으로 구성된 수도권 교통본부가 구성되어 통합적 교통 정책이 수립, 시행 되도록 노력하고 있다. 정책의 주된 방향은 체증에 따른 사회적 비용과 환경 악화의 주범인 도로교통 특히 자가용 승용차 통행을 억제하고 대중교통의 분담률을 수도권 내에서 증진시킴으로써 교통혼잡비용을 최소화하는 데 두고 있다. 그 대표적인 정책적 노력으로 수도권 광역교통체계와 간선급행버스(BRT: Bus Rapid Transit) 사업을 들 수 있다.

이 중 수도권 광역교통체계의 핵심은 첨단 교통카드 시스템인 대중교통 환승 할인 스마트카드 시스템으로, 수도권 내 버스와 도시철도 이용 간 30분 이내의 환승에는 별도의 요금을 지불하지 않는 제도이다. 2004년 서울 시내 대중교통 수단 간 환승 할인, 2007년 수도권 전역 확대 등 제도는 확대 강화되어 왔다. 특히 통근 수단으로서의 대중교통 분담률은 서울 시내의 경우 70%를 상회할 정도로 여타 세계 도시들에 비해 매우 높은 대중교통 이용률을 달성하고 있다.

그러나, 25%를 상회하는 자가용 승용차 분담률은 좀처럼 떨어지지 않고 지속적으로 체증과 환경오염 문제를 유발하고 있으며, 막대한 투자를 통한 광역도시철도 노선 수의 증가에도 불구하고 도시광역철도 분담률이 35% 이상을 넘지 못하고 있다. 2006년 가구통행실태조사의 수단분담률은 버스 27.6%, 도시광역철도 34.7%, 승용차 26.3%로 나타났으며, 이 분담률은 2004년 이후 현재까지 큰 변동 없이 지속되고 있다. 특히 서울과 경기를 오가는 지역간 통행의 수단 분담률

은 승용차 45.4%, 버스 23.4%, 철도 20.1%로서 지역 내 통행에 비해 승용차 이용이 매우 높아, 요금 체계뿐 아니라 수도권 전체로서의 대중교통망의 효율화가 필요한 실정이다.

이를 위해서는 버스와 광역도시철도 간의 연계교통수단에 대한 심도 있는 연구와 함께, 현재 운영 중인 광역도시철도 망의 시설 및 입지 특성과 더불어, 수도권 시민에 의한 광역도시철도 역의 실제 이용 실태를 조사할 필요가 있다. 즉 시간대 별로 특정 역에 얼마나 많은 사람들이 타러 들어오고 내려서 나가는가를 알아보고, 이것이 역 이용자의 통행 연쇄 패턴과 어떠한 체계적인 관계를 갖는가를 안다면, 전체 수도권 광역도시철도체계에서 역 이용자의 통행 연쇄 패턴 별 각 역에 대한 이용 수요를 파악하고 시설 및 서비스를 개선하는 데 대한 도움을 얻을 수 있을 것이다. 이러한 중요성에도 불구하고 이 주제에 관한 선행연구를 찾기 어려운 실정이다.

본 연구는 이상의 논의에 기초하여, 수도권 광역도시철도 역 이용자의 통행 연쇄 패턴을 구분하고, 이들 패턴 각각이 시간대 별로 어떠한 역들을 얼마만큼의 빈도로 이용하는지를 파악함으로써, 역 이용의 통행 연쇄 패턴과 역 종류에 따른 이용 수준 간의 관계를 살펴보려 한다. 이를 위해 본 연구는 2장에서 관련 문헌을 간략히 고찰한 후, 3장에서 연구 방법 및 자료를 소개한다. 4장에서는 수도권 도시광역철도 역 이용자의 통행 연쇄 패턴과 시간대 별 역 이용 수요의 특성을 분석한 결과를 설명한다. 마지막 5장에서는 연구 결과의 함의를 토론하고 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 문헌연구

사람들의 통행은 하루 일상생활을 영위하면서 시간의 흐름과 함께 관련된 활동의 변화와 함께 공간적 이동이 결합된다(Hägerstrand, 1970). 따라서 도시의 통행 흐름은 고정되어 있는 것이 아니라 하루 중 시간과 함께 변화하는 역동적인 현상이다. 따라서 시간과 공간을 결합하여 연구하려는 시도가 일찍부터 진행되었

다(Burnett, 1978; Kitamura *et al.*, 1990; Axhausen and Garling, 1992).

그러나 도시 통행 흐름에 대한 기존의 연구들에서는 실제 통행 흐름에 대한 자료 확보의 어려움 때문에 각 지점의 교통 특성, 사회 경제적 요인, 토지 이용, 고용자 통행, 지형 등과 같은 지리적 속성변수를 이용하여 통행 유출·유입량을 산출하는 모형개발에 주력해 왔다(Hansen, 1959; Alonso, 1964; Adler and Ben-Akiva, 1979; Boyce, 1980; Kim, 1983; Anas and Duann, 1986; Prastacos, 1986; Hirschman and Henderson, 1990; Giuliano, 1995; Badoe and Miller, 2000; Van Wee, 2002; Shaw and Xin, 2003; Geurs and Van Wee, 2004).

우리나라에서도 1990년대 이래 통행 흐름에 대한 연구가 비교적 활발히 진행되어 왔으나 통행 자료의 한계 때문에 설문조사나 표본조사를 통하여 얻어진 자료를 바탕으로 진행되어 왔다(Huh, 1991; Kim, 1995; Kim and Jun, 1996; Kwon and Kim, 1998; Lee, 1998; Seo, 1998; Song, 1998; Jun, 1995, 1997; Hwang *et al.*, 1999). 특히 2000년대 들어 수도권권을 대상으로 4년 마다 실시되고 있는 있는 가구통행실태조사 자료를 바탕으로 수도권지역의 통근통학패턴에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다(Jun, 1997; Shin, 2003; Jun and Jeong, 2003; Yun and Kim, 2003; Sohn, 2005; Kim and Jeong, 2005; Cho and Kim, 2007; Lee and Lee, 2009).

최근 첨단기술의 발달로 정보의 수집과 축적이 가능하게 되면서 시·공간성을 내포하고 있는 복잡한 통행 흐름을 분석하려는 다양한 시도가 진행되고 있다. 교통망 상 통행 흐름의 복잡한 네트워크 구조를 분석하려는 연구로, 보스톤 지하철 시스템과 인도의 철도 네트워크의 구조가 네트워크의 효율성과 클러스터링 계수를 계산한 결과는 우리가 사는 세상이 좁다는 것을 보여준다(Latora and Marchiori, 2002; Sen *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2009). 또한 도시 내 통행 흐름은 하루 중에도 시간에 따라 이동하는 인구집단과 그들의 통행 목적이 달라지므로 통행 흐름의 시작점과 종착점의 분포와 함께 거리의 마찰 정도가 달라지는 점을 고려하여 통행 흐름의 방향과 통행량 등 통행 흐름의 역

동성을 분석하는 연구에 관심이 모아지고 있다(Janelle and Goodchild, 1983; Janelle *et al.*, 1998; Zandvliet and Dijst, 2006; Chen, F. *et al.*, 2009).

우리나라에서도 서울을 포함한 수도권지역은 최근 교통카드 사용이 활성화 되어 대중교통 이용자들에 대한 통행 궤적을 담은 통행 자료가 거의 전수에 가깝게 수집되어 대용량 데이터베이스에 저장되고 있다. 따라서 최근 수도권 통행 흐름과 교통망에 대한 방대한 정보를 담고 있는 교통카드자료에 대해 데이터마이닝 기법을 적용하여 통행 흐름의 시·공간적 구조를 분석하는 다양한 연구가 진행되고 있다(Lee and Park, 2005; Lee and Park, 2006; Lee *et al.*, 2007, 2008; Park and Lee, 2007, 2008, 2010; Shin *et al.*, 2008; Joh, 2009; Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010).

특히 하루 동안의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 순차 패턴을 탐사하여 승객들의 통행 패턴을 분석한 연구(Lee and Park, 2005)를 확장하여 일 년에 하루씩 2004년에서 2006년까지 3일 간의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스로부터 승객 시퀀스의 평균 정류장 개수와 환승 횟수 등을 연도별로 비교하고(Park and Lee, 2007), 시점별 통행 수요와 통행 패턴에 나타나는 공간적 특징을 연구하였으며(Lee and Park 2007), 지하철을 이용하는 승객들의 탑승 패턴을 논리적으로 추정하여 발생할 수 있는 모든 조합의 경우의 수에 해당하는 패턴을 분류하는 알고리즘을 고안하고(Park *et al.*, 2010), 이중 통근통행에 해당하는 통행자의 통행 궤적을 분석하는(Lee *et al.*, 2010) 등의 통행 통행태 연구가 있다.

또한 수도권 지하철 시스템의 특성에 관한 연구로는 네트워크 구조 분석이 있고(Park and Lee, 2008), O-D 통행에 의한 승객 흐름의 분포가 멱함수 법칙(power law)임을 보여주는 연구가 있다(Lee *et al.*, 2008). 또한 도시 시설의 입지와 교통망에 변화를 초래하게 되어 도시 토지 이용의 공간구조를 변화시키게 되고 이는 결과적으로 다시 통행 흐름의 공간적 구조를 변화시키게 되므로, 교통 흐름과 도시 토지 이용의 공간구조 간의 역동적 관계 분석을 시도하는 연구도 있다(Lee *et al.*, 2007; Lee and Park, 2006).

그 밖에도 통행 흐름의 역동성을 효과적으로 파악하

기 위하여 시·공간 정보를 시각화하여 분석하는 연구가 여러 분야에서 최근 급속히 진행되고 있다. 특히 여러 모션센서 및 GPS(Global Positioning Systems) 정보와 비디오 카메라, 핸드폰 등과 같은 다양한 장치에 의해 수집되는 정보를 시각화하여 분석하는 다양한 시도가 있다. 지리정보 시각화 연구는 개인의 시·공간 통행 자료를 시각화하는 연구로서 통행 자료에 포함된 이동 궤적 및 이동 특성에 대한 시각적 표현 방법을 개발하거나, 이러한 시각적 표현을 바탕으로 통행 자료의 시·공간적 특성을 탐색하는 연구가 시도되고 있다 (Kim *et al.*, 2010).

빠르게 발전하는 연구 방법론과 방대하게 축적되는 연구 결과에 비해 수요자 중심의 교통 서비스 제공의 방법론 및 정책 수단 개발을 위한 역 이용 행태, 즉 역 이용자의 통행 연쇄 패턴 별 역 이용 수요에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 그럼에도 불구하고 녹색교통의 중심으로서 그 중요성을 더해가는 도시철도 분야는 특히 이용자의 실제 서비스 이용 행태에 대한 진지한 관찰과 분석이 잠재적 수요를 파악하는 데 매우 중요하다는 의미에서 연구가 시급히 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 수도권 광역도시철도 역 이용의 통행 연쇄 패턴을 구분하고, 각 패턴의 시간대 별 역 이용 빈도를 분석하였다.

3. 분석방법 및 자료

1) 분석방법

본 연구는 전체 357개에 달하는 수도권 광역도시철도 역을 이용하는 이용자를 통행 연쇄 패턴으로 구분하고, 역 별 총 이용 빈도와 시간대 별 이용 빈도를 확인함으로써, 통행 연쇄 패턴과 역 이용 빈도에 따른 역 집단 구분 간의 관련성을 살펴본다. 이를 위해 먼저 광역도시철도 역 이용자의 통행 연쇄 패턴을 확인하였다. 통행 연쇄 패턴 구분을 위해 본 연구는 논리적으로 분류 가능한 모든 이용 패턴을 포괄할 수 있는 통행패턴을 분류하는 알고리즘(Park *et al.*, 2010)의 적용 결

과를 취하였다. 즉 1통행, 2통행, 3통행 이상 등 이용 패턴을 총 통행 횟수에 따라 셋으로 우선 구분한 후, 각 집단에서 발생 가능한 통행 유형을 논리적으로 구분해 내었다.

다음, 위에서 구분한 통행 연쇄 집단 별로 수도권 광역도시철도 역 각각에 대해 하루 동안의 총 이용 빈도, 시간대 별 해당 역의 출발 빈도 및 도착 빈도에 근거하여 역을 집단 구분하였다. 마지막으로, 이렇게 구분된 역 집단의 특성이 위의 통행 연쇄 패턴 집단과 갖는 관련성을 파악하였다. 즉 역의 총 이용 빈도 및 시간대 별 이용 빈도의 역 집단 간 차이가 특정한 통행 연쇄 패턴과 체계적인 관련성을 갖는지를 확인하였다. 이러한 연구 결과는 각 역에 대한 이용 수요를 이용자의 통행 연쇄 패턴 별로 파악함으로써 수도권 광역도시철도 체계의 운영 개선은 물론, 연계통행을 포함한 대중교통 이용 활성화를 위한 전반적인 정책적 노력에 유용한 정보를 제공할 수 있다는 점에서 학술적, 실행적 의미를 갖는다.

2) 자료

분석에 사용된 자료는 2005년 6월 24일 금요일 하루 동안 수도권 도시광역철도 이용 기록의 스마트카드 자료이다. 해당 날짜와 요일은 일상의 통행 현상을 대표할 수 있는 평범한 평일로 자료를 선정한 결과이다. 분석의 공간범위는 수도권 광역도시철도의 모든 역을 포함한다. 즉 수도권 광역도시철도 357개 역의 274만여 이용자의 지하철 이용 자료가 분석되었다. 스마트카드의 수도권 광역도시철도 관련 개인 통행 정보에는 개인 아이디, 출발 및 도착 역, 출발 및 도착 시간, 환승 여부, 통행요금 등등이 있다. 개인 아이디는 개인의 하루 동안의 통행 이력을 추적할 수 있는 정보를 제공하는 의미에서 특히 중요한 정보인데, 이를 통해 한 사람이 하루 동안 타고 다닌 교통수단, 승하차 시간 등을 개인 단위의 궤적으로 확인해 낼 수 있다. 아래 4장에서는 이상에서 언급한 분석 틀과 자료를 바탕으로 분석된 수도권 도시광역철도 역 이용의 통행 연쇄 패턴 구분과 이들 각각의 시간대 별 역 이용 빈도의 구체적인 내용을 알아본다.

4. 분석결과

1) 수도권 광역도시철도 역 이용의 통행 연쇄 패턴

본 연구에서는 논리적으로 구분한 수도권 광역도시철도 역 이용의 통행 연쇄 패턴은 먼저 통행 횟수를 기준으로 1, 2, 3통행 수를 기록한 집단으로 구분된 후, 다음으로 최초 통행과 최종 통행의 도착지와 출발지가 동일하거나, 그리고 최초와 최종 통행의 출발지와 목적지가 동일하거나에 의해 다시 여러 패턴으로 구분된다. Table 1은 이렇게 구분된 모두 11가지의 역 이용 통행 연쇄 패턴을 보여준다. 예를 들어, 패턴I에 해당하는 역 이용자 수는 1,025,057명(전체 이용자의 37.3%)으로서 총 1,025,057회의 통행을, 패턴II는 748,702명(전체 이용자의 27.2%)으로서 총 1,497,404회의 통행을 기록하고 있다.

패턴I은, 최초 출발지를 예를 들어 집이라면, 집에서 다른 장소로의 단 1회 통행을 나타내는 것으로서, 가장 단순한 통행 패턴이다. 패턴II는 최초 목적지에서 집으로 회귀하는 가장 기본적인 통행 연쇄 패턴을 나타낸다. 패턴III은 마지막 통행에서 최초 목적지로부터 집 대신 다른 목적지로 이동하는 통행 연쇄 패턴이다. 이는 마지막 통행에서 광역도시철도 이외의 교통수단을 더 이용하는 통행 연쇄 패턴의 전형이다. 패턴IV는 마

지막 통행에서 집으로 회귀하나, 최초 목적지와 그 다음 출발지가 동일하지 않아 이들 사이에 광역도시철도 이외의 교통수단을 이용하는 이동이 더 포함된 통행 연쇄 패턴의 전형을 보인다. 패턴V는 집으로 회귀하지 않으며, 최초 목적지와 그 다음 출발지도 일치하지 않는, 독립된 두 통행으로 구성된 통행 연쇄 패턴의 전형이다. 패턴VI은 최초 목적지에서 집로 회귀하는 마지막 통행 이전에 다른 통행(들)이 더 있는 통행 연쇄 패턴이다. 패턴VII은 최초 목적지가 아닌 다른 장소에서 집으로 회귀하는 마지막 통행 이전에 다른 통행(들)이 더 있는 통행 연쇄 패턴이다. 패턴VIII은 최초 목적지가 아닌 다른 장소에서 또 다른 장소로의 통행이 마지막 통행이며 그 이전에도 다른 통행(들)이 더 있는 가장 복잡한 형태의 통행 연쇄 패턴이다. 패턴IX에서 패턴XI은 이상으로 분류되지 않는 1통행 패턴, 2통행 패턴, 3통행 이상 패턴을 각각 포함한다. 본 연구에서는 이 중 분석이 용이하고, 연구 목적인 통행 연쇄 패턴과 역 이용 빈도에 근거한 역 집단 구분 간의 관계를 비교적 분명히 보여줄 수 있는 2통행 수 이하인 단순 통행 패턴, 즉 패턴 I에서 V까지만을 분석 대상에 포함하기로 한다.

2) 통행 연쇄 패턴별 역 이용의 일반 특성

Figure 1로 정리된 역 당 하루 동안의 평균 이용 빈

Table 1. Metro users' trip chain pattern. 수도권 광역도시철도 이용자의 통행 연쇄 패턴.

Pattern	Trip chain	# Trips	# Passengers	%
pattern I	a → b	1	1,025,057	37.3
pattern II	a → b, b → a	2	748,702	27.2
pattern III	a → b, b → c	2	349,144	12.7
pattern IV	a → b, c → a	2	151,010	5.4
pattern V	a → b, c → d	2	123,708	4.5
pattern VI	a → b ... b → a	≥3	23,030	0.8
pattern VII	a → b ... y → a	≥3	135,752	4.9
pattern VIII	a → b ... y → z	≥3	119,370	4.3
pattern IX	not belong to pattern I	1	7,130	0.2
pattern X	not belong to pattern II, III, IV, V	2	14,079	0.5
pattern XI	not belong to pattern VI, VII, VIII	≥3	49,535	1.8

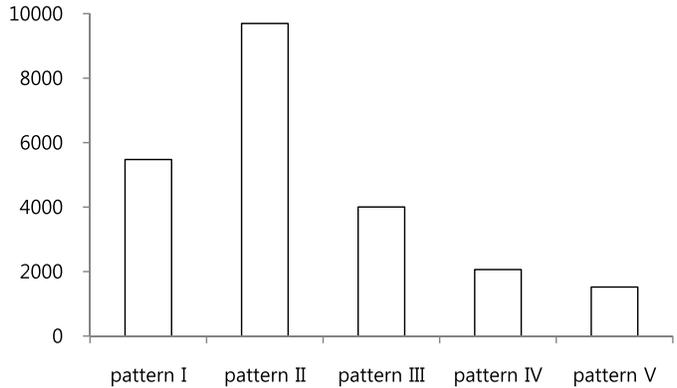


Figure 1. Frequency of visiting a metro station during the day. 역 당 하루 평균 이용 빈도.

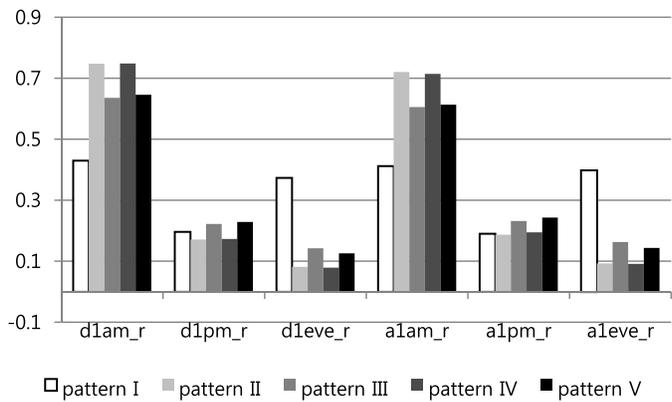


Figure 2. Ratio of frequency of visiting a metro station at each time of the day to frequency during the entire day (1st trip). 첫 번째 통행 전체에 대한 시간대별 비율.

Note: d1am_r, d1pm_r and d1eve_r denote, for the first departure trip, the ratio of frequency of visiting a metro station at am, pm and evening of the day to frequency during the entire day, respectively. a1am_r, a1pm_r, a1eve_r denote, for the first arrival trip, the ratio of frequency of visiting a metro station at am, pm and evening of the day to frequency during the entire day, respectively. d2am_r, d2pm_r, d2eve_r denote, for the last departure trip, the ratio of frequency of visiting a metro station at am, pm and evening of the day to frequency during the entire day, respectively. a2am_r, a2pm_r, a2eve_r denote, for the last arrival trip, the ratio of frequency of visiting a metro station at am, pm and evening of the day to frequency during the entire day, respectively.

도는 패턴II가 가장 높다. 패턴I은 그에 속하는 사람 수는 가장 많으나, 하나의 통행만을 기록하여, 이에 해당하는 통행 빈도는 다른 집단에 비해 2배수가 아니기 때문에 이러한 빈도를 보인다고 해석된다. 집단의 내용으로도 패턴II에 속하는 통행 연쇄가 [집 → 직장-직장 → 집]으로 해석되는 가장 일반적인 경제활동 종사자 혹은 학생의 통행 형태라고 해석된다.

역 당 시간대별 승차 및 하차 빈도는 비율로서 계산하였다. 즉 전체 승하차 빈도를 최초 출발, 최초 도착, 최종 출발, 최종 도착 등으로 구분한 후, 각각에서 오전, 오후, 저녁 빈도 비율이 어떻게 구성되는가를 보았다. 예를 들면 최초 출발의 오전, 오후, 저녁 빈도 비율을 모두 합하면 100%이다. 이렇게 계산된 Figure 2와 3에 따르면, 통행이 하나 밖에 없는 패턴I을 제외하면,

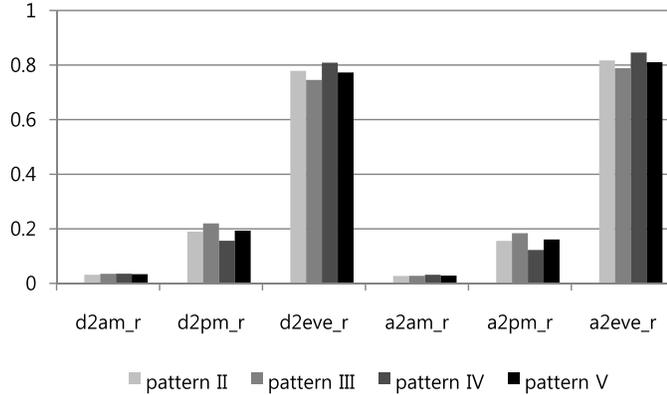


Figure 3. Ratio of frequency of visiting a metro station at each time of the day to frequency during the entire day (2nd trip). 두 번째 통행 전체에 대한 시간대별 비율.

첫 통행은 오전에, 둘째 통행은 저녁에 집중되었다. 둘째 통행에서 패턴IV는 저녁에, 패턴III은 오후에 상대적으로 더 집중하고 있는데, 이는 아마 패턴IV는 둘째 통행 목적지가 집으로, 그리고 이것이 최종 통행이었을 가능성이 많아서인데 반해, 패턴III은 둘째 목적지가 집이 아니며, 따라서 최종 통행이 아니었을 가능성이 커서 이런 결과가 나온 것으로 해석된다.

3) 통행 연쇄 패턴별 역 이용 빈도에 따른 역 집단 구분

역 이용의 통행 연쇄 패턴I부터 V 각각에서 역 이용 빈도에 따른 역 집단 구분을 실행하였다. 역 이용 빈도 변수로는 하루 동안의 역 이용 총 빈도, 첫째 및 둘째 승차 및 하차 역의 오전, 오후, 저녁 이용 빈도 비율이 분석에 투입되었다. 역 집단 구분 알고리즘으로 워드

의 계층적 군집화 방법을 이용하였다. 357개 광역도시철도 역의 집단을 분류한 결과 이용 패턴II외에는 모든 패턴에서 4개의 역 집단이 구분되었다. 이용 패턴II역시 다른 패턴들과 그 내용에서 유사한 5개의 역 집단 구분을 확인하였다(Table 2).

Table 3은 수도권 광역도시철도 망에서의 역들을 그 이용 빈도에 근거하여 대략적인 집단 구분을 시도한 결과이다. 각 역이 I에서 V까지의 통행 연쇄 패턴 집단 중 3번 이상 동일 역 집단에 포함되면 해당 역 집단에 속하는 것으로 판정하였다. 단 역 집단 구분의 통행 연쇄 패턴간 상호 비교를 용이하게 하기 위해 역 집단의 갯수가 다른 통행 연쇄 패턴 집단에 비해 하나 많은 패턴II의 역 집단 4와 5를 묶어 i=6, ii=39, iii=63, iv=249 로 수정하였다. Table 3을 해석할 때 주의할 점은 이것은 어디까지나 수도권 광역도시철도 역의 대략적인 집단 구분이며 각 역의 집단 멤버십은 Table 2

Table 2. Classification membership identified by each trip chain pattern. 통행 연쇄 패턴 별 역 집단 구분.

Station group	pattern I	pattern II	pattern III	pattern IV	pattern V
group i	11	6	5	26	19
group ii	32	39	30	36	22
group iii	91	63	128	170	119
group iv	223	103	194	125	197
group v		146			

Table 3. Approximate membership of metro stations across trip chain patterns. 수도권 광역도시철도 역 집단 구성.

Group	<i>n</i>	Member station
1	9	Seoul Jamsil Samseong Seolleung Gangnam Sadang Sillim Shinchon Express Bus Terminal
2	37	City Hall Chonggak Jongno3-ga Cheongnyangni-(under) Yeongdeungpo Sindorim Gasan Digital Complex Suwon Bucheon Bupyeong Juan Euljiro1(il)-ga Kunkuk Univ. Gangbyeon Yeoksam Seoul Nat'l Univ. Seoul Univ. Guro Digital Complex Daelim Dangsang Hongik Univ. Yeonsinnae Chungmu Apgujeong Yangjae Nowon Ssangmun Suyou Mia-Samguri Hwehwa Myeong-dong Chongsin Univ. Gwanghwamun Choehno Dondaemun Dongdaemun History & Culture Songmae
3	110	Jongno5-ga Sinseol-dong Jegi-dong Namyong Yongsan Noryanjin Daebang Hoegi Hankuk Univ.of Foreign Studies Seokgye Seongbuk Changdong Singil Guro Anyang Geumjung Sungkyunkwan Univ. Gaebong Yeokgok Dongam Dongincheon Sosa Onsu Dobongsan Uijeonbu Ganeung Euljiro3(sam)-ga Euljiro4(sa)-ga Sindang Hanyang Univ. Ttuksum Seongsu Gueui Sungnae(Jamsillaru) Sincheon Sports Complex Seocho Bangbae Nakseongdae Bongcheon Sin Daebang Mullae Yeongdeungpo-gu Office Hapjeong Ehwa Womans' Univ. Chungheongno Gupabal Bulgwang Nokbeon Hongje Gyeongbokgung Anguk Dongguk Univ. Yaksu Sinsa Nambu Bus Terminal Dogok Suseo Hwajeong Sanggye Mia Gireum Sungshin Womans' Univ. Hansung Univ. Hoehyeon Sukmyeong Womans' Univ. Sin Yongsan Ichon Indeogwon Beomgye Sanbon Sangroksu Songjung Balsan Hwagok Kkachisan Mokdong Omokkyo Yeouido Mapo Gongdeok Seodaemun Dapsimni Janghanpyeung Gunja Ganddong Anam Taeleungipgo Suraksan Hagye Gongreung Sangbong Myeonmok Children;s Grand Park Chungdam Gangnam-gu Office Hakdong Non-hyun Naebang Songsil Univ. Sangdo Chulsan Gwangmyeong Dandaeogori Moran Yatap Seohyeon Migeum Ori Wangsimni
4	201	Dongmyo-ap Sinimun Wolgye Nokcheon Siheung(Geumcheon-gu Office) Seoksu Gwanak Myenghak Gunpo Uiwang Hwaseo Doksan Seryu Byeongjeom Sema Osan College Osan Songtan Seojeong-ri Pyeontaek Seonghwan Jiksan Dujeong Cheonan Oryu-dong Baegun Jemulpo Incheon Guil Bugae Ganseok Dowon Jung-dong Dohwa Banghak Dobong Mangwolsa Hoeryong Sangwangsimni Ahyeon Yongdap Sindap Dorimcheon Yangcheon-gu Office Sinjeongnegeori Yongdu Jichuk Muakjae Dongnimmun Geumho Oksu Jamwon Maebong Daechi Hangnyeoul Daechoeng Irwon Samsong Wondang Daegok Baekseok Madu Jeongbalsan Juyeop Daehwa Dangggogae Samgakji Dongjak Namtaeryeong Wunbawi Seoul Race Course Seoul Grand Park Gwacheon Gwacheon Government Complex Pyeongchon Daeyami Banwol Hanyang Univ. at Ansan Jungang Gojan Gongdan Ansan Singilonchon Jungwang Oido Surisan Banghwa Gaehwasan Gimpo International Airport Ujangsan Sinjung Yangpyeong Yeongdeungpo Market Yeouinaru Aeogae Cheongu Singeumho Haengdang Majang Ahasan Gwangnaru Gildong Goupundari Myeongil Goduk Sangil-dong Dunchon-dong Olympic Park Bangi Ogeum Gaerong Geoyeo Macheon Eungam Yeokchon Doakbawi Gusan Saejeol Jeungsan Susaek World Cup Stadium Mapo-gu Office Mangwon Sangsu Gwangheungchang Daeheung Hyochang Park Noksapyeong Itaewon Hangangjin Beotigogae Changsin Bomun Korea Univ. Wolgok Sangwolgok Dolgoji Hwarangdae Bonhwasan Jangam Madeul Junggye Mukgol Junghwa Sagajung Yongmasan Junggok Ttuksum Pleasure ground Banpo Namseung Jangseungbaegi Sindaebangsanguri Boramae Sinpung Namguro Cheonwang Amsa Gangdong-gu Office Mongchontosung Seokchon Songpa Garak Market Munjung Jangji Bokjung Sansung Namhansangsinheung Sujin Gyllhyeon Bakchon Imhak Gyesan Gyeongin National Univ.of Education Jakjeon Galsan Bupyeong-gu Office Bupyeong Market Dongsu Bupyeongsanguri Ganseokoguri Incheon City Hall Culture & Art Center Incheon Terminal Munhak Stadium Sunhak Sinyeonsu Woninjae Dongchun Dongmak Seobinggo Hannam Eungbong Cheongnyangni(Ground) Jungnang Mangu Yangwon Guri Donong Yangjeong Deokso Hanti Guryong Gaepo-dong Daemosan Kyungwon Univ. Taepyeong Sunae Jeongja Imae Bojeong

Note: *n* is the number of metro stations.

에서 보는 바와 같이 통행 연쇄 패턴에 따라 다르다는 것이다. 따라서 역 집단 간 이용 빈도의 차이 역시 패턴 집단 별로 차이를 보일 것이다.

분석 결과로서 우선 눈에 띄는 것은 역 집단 간 계층적 관계가 존재하는 것이다. 집단 i에 속하는 9개 역은 한 눈에 보아도 이용 빈도가 다른 모든 집단에 비해 더 많을 듯한 역이다. 또한 이들 중 다수가 전철과 전철 간 혹은 전철과 버스 간 환승 기능이 매우 강한 특성을 보인다. 집단 ii의 역들은 이용 빈도와 환승 기능이 집단 i에 비해서는 다소 떨어지나 인근 다른 역들에 비해서는 상대적으로 강한 지역 중심 역의 특성을 갖는다고 보여진다. 집단 iii의 역들은 집단 1, 2의 역들에 비해서는 다소 평범한 성격의 역으로 보여지며, 집단 iv의 역들은 서울시 내의 비교적 덜 복잡한 역들 및 서울시 외의 평범한 역들을 대표하는 특성을 갖는다고 보여진다. 이들 역 집단 간의 시간대 별 역 이용 빈도에는 다양한 차이가 존재하는데, 자세한 내용은 아래의 역 집단 간 이용객 수 및 이용 시간대 별 비율의 분산 분석에서 기술한다.

4) 역 집단 간 역 이용 빈도 분산분석

각 통행 연쇄 패턴 별로 역 이용 빈도 변수의 역 집단 별 평균치를 확인하고, 그 차이의 통계적 유의성을 분산분석을 통해 검증하였다. 먼저 통행 연쇄 패턴 I의 분석 결과는 Figure 4와 같다. 분산분석 결과, 하루 동안의 총 이용 빈도는 역 집단 별로 큰 차가 있으며, 최초 출발의 오전 비율과 저녁 비율 역시 역 집단 간 유의한 차이를 보인다. 최초 출발에서, 역 집단 i은 오전 시간대 이용된 비율이 역 집단 iv에 비해 크게 적고, 오후와 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 매우 크다.

통행 연쇄 패턴 II의 분석 결과는 Figure 5와 같다. 총 이용 빈도는 역 집단 간 큰 차이를 보인다. 최초 출발, 최종 출발 및 도착에서 오전, 오후, 저녁 비율이 역 집단 간 차이를 보인다. 최초 출발에서, 역 집단 i, ii는 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 오후와 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 출발에서 역 집단 i은 오전과 오후 시간대 이용

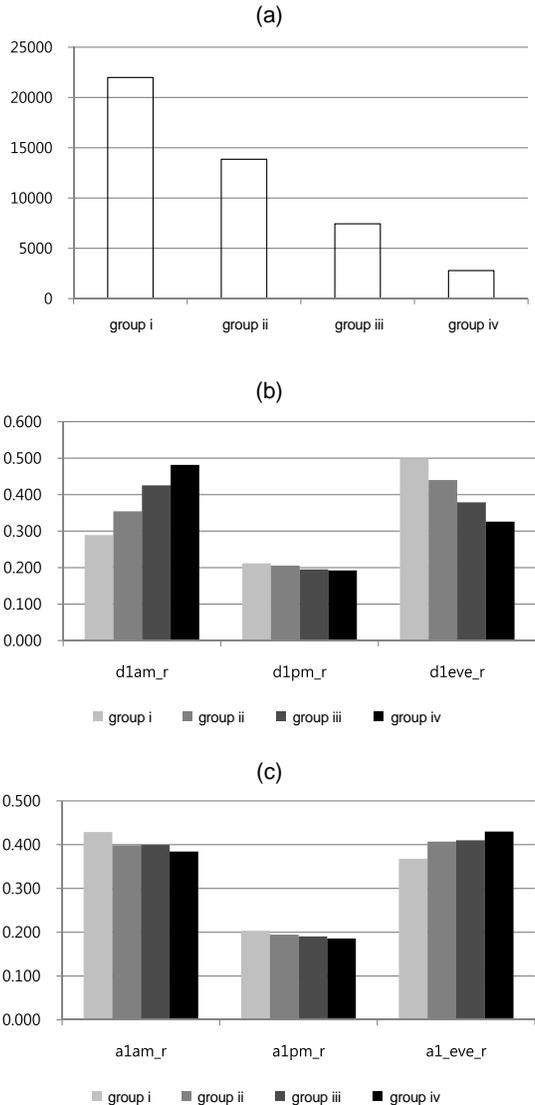


Figure 4. Metro station-visiting frequency of trip chain pattern I. Frequency of visiting a metro station during the day (a). Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 1st departure (b) and 1st arrival (c) per metro station group. 통행 연쇄 패턴의 역 이용 빈도.

비율이 역 집단 iv에 비해 적고 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 도착에서 역 집단 i, ii는 오전과 오후 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크고 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다.

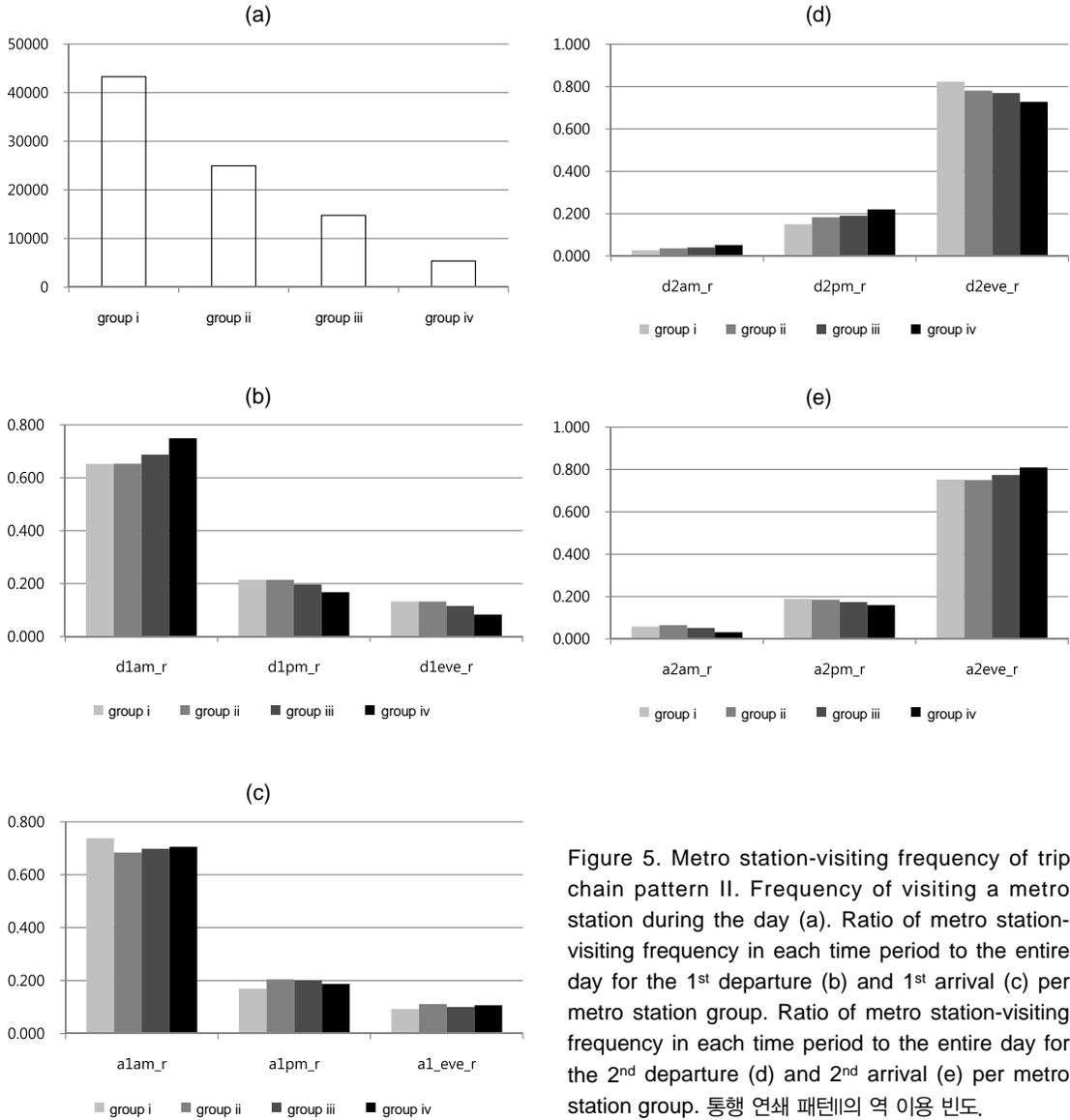


Figure 5. Metro station-visiting frequency of trip chain pattern II. Frequency of visiting a metro station during the day (a). Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 1st departure (b) and 1st arrival (c) per metro station group. Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 2nd departure (d) and 2nd arrival (e) per metro station group. 통행 연쇄 패턴II의 역 이용 빈도.

통행 연쇄 패턴 III의 분석 결과는 Figure 6과 같다. 총 이용 빈도는 역 집단 별로 큰 차이를 보인다. 최초 출발, 최종 출발에서 오전, 오후, 저녁 비율이 역 집단 간 차이를 보인다. 최초 출발에서 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 오후와 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 출발에서 역 집단 i은 오전과 오후 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단

4에 비해 크다.

통행 연쇄 패턴IV의 분석 결과는 Figure 7과 같다. 총 이용 빈도는 역 집단 별로 큰 차이를 보인다. 최초 출발, 최종 도착에서 오전, 오후, 저녁 비율이, 최종 도착에서 오전, 오후 비율이, 최초 출발에서 오전, 저녁 비율이 역 집단 간 차이를 보인다. 최초 출발에서 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 오후와 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비

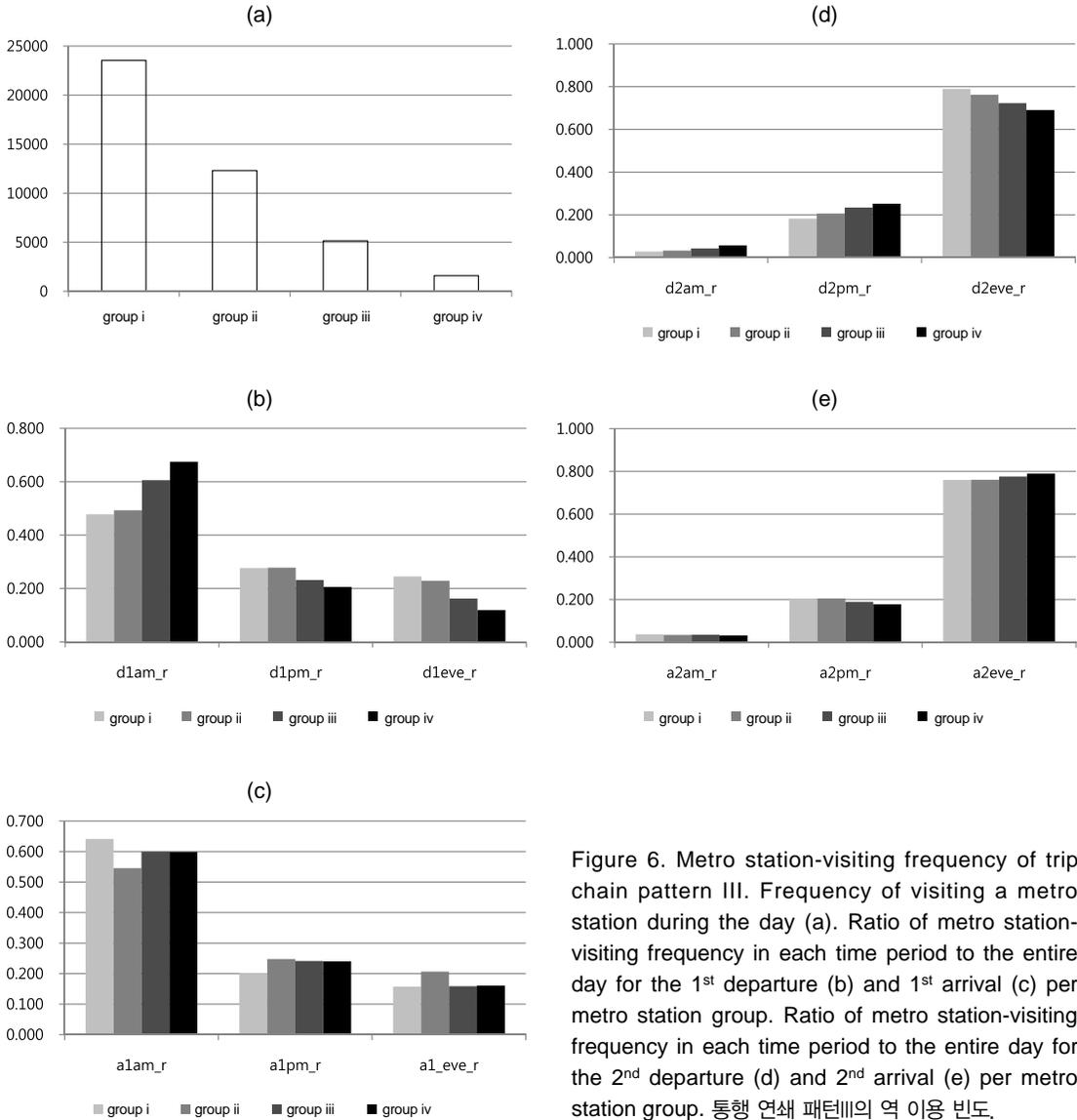


Figure 6. Metro station-visiting frequency of trip chain pattern III. Frequency of visiting a metro station during the day (a). Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 1st departure (b) and 1st arrival (c) per metro station group. Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 2nd departure (d) and 2nd arrival (e) per metro station group. 통행 연쇄 패턴III의 역 이용 빈도.

해 크다. 최종 도착에서 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 오후 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 출발에서 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 도착에서 역 집단 i은 오전, 오후 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다.

마지막으로, 통행 연쇄 패턴V의 분석 결과는 Figure 8과 같다. 총 이용 빈도는 역 집단 별로 큰 차이를 보인다. 최초 출발에서 오전, 오후, 저녁 비율이, 최종 출발에서 오전, 저녁 비율이 역 집단 간 차이를 보인다. 최초 출발에서, 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 오후와 저녁 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다. 최종 출발에서, 역 집단 i은 오전 시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 적고, 저녁

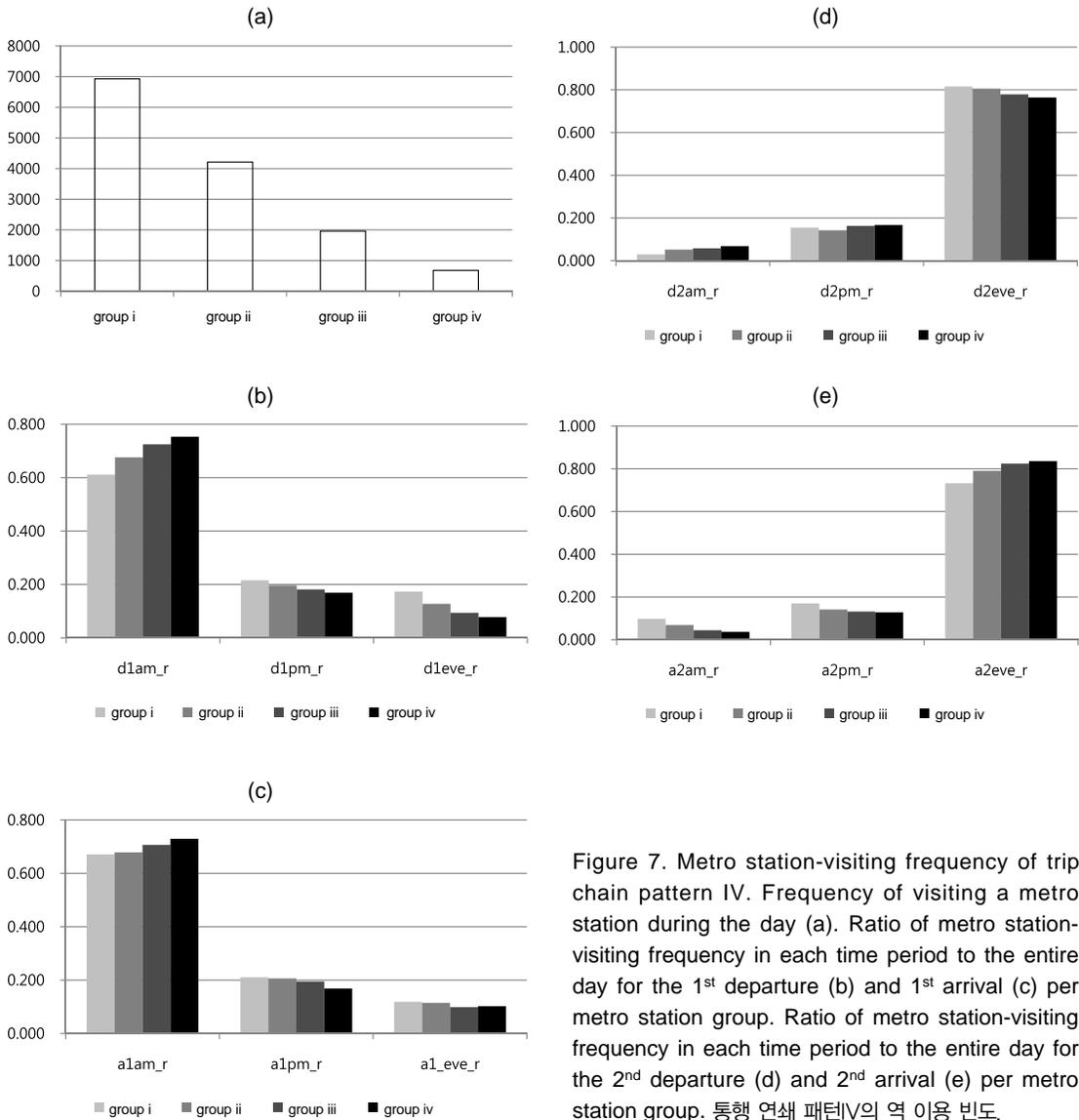


Figure 7. Metro station-visiting frequency of trip chain pattern IV. Frequency of visiting a metro station during the day (a). Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 1st departure (b) and 1st arrival (c) per metro station group. Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 2nd departure (d) and 2nd arrival (e) per metro station group. 통행 연쇄 패턴IV의 역 이용 빈도.

시간대 이용 비율이 역 집단 iv에 비해 크다.

이상의 분석 결과, 역 이용자의 통행 연쇄 패턴 별 역 이용 빈도에 따른 역 집단 구분에 관한 내용은 다음과 같이 정리할 수 있다. 우선 통행 연쇄 패턴과 무관하게 다음의 사실을 확인할 수 있었다. 첫째, 역 당 하루 동안의 평균 이용 빈도는 역 집단 $i > ii > iii > iv$ 의 순서였으며, 그 차이가 매우 명확하였다. 둘째, 최초 출발 및 도착의 오전 비율은 역 집단 $iv > iii > ii > i$ 의

순서이고, 오후 비율은 역 집단 $i > ii > iii > iv$ 의 순서를 보인다. 최종 출발 및 도착의 경우 오전 비율과 저녁 비율이 각각 이와 같은 순서 관계를 보인다. 요약하면, 출발이 이른 이용 비율이 높으면 도착이 이른 이용 비율이 높고, 출발이 늦은 이용 비율이 높으면 도착 역시 늦은 이용 비율이 높은 역 집단의 특성을 보인다. 셋째, 이용 승객 수가 많은 큰 역일수록 늦은 출발과 늦은 도착의 비율이 다른 유형의 역들에 비해 크다. 그

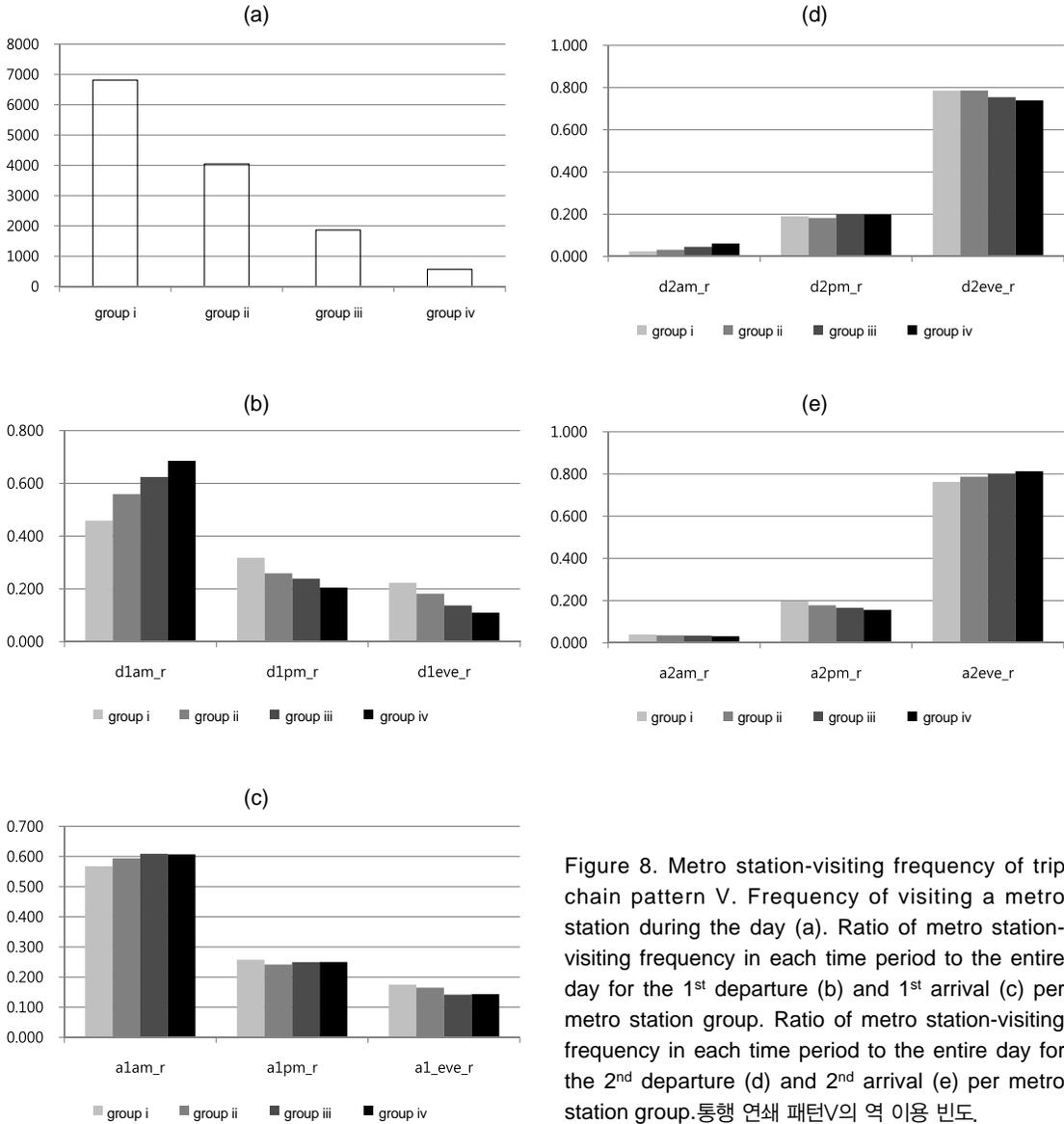


Figure 8. Metro station-visiting frequency of trip chain pattern V. Frequency of visiting a metro station during the day (a). Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 1st departure (b) and 1st arrival (c) per metro station group. Ratio of metro station-visiting frequency in each time period to the entire day for the 2nd departure (d) and 2nd arrival (e) per metro station group. 통행 연쇄 패턴V의 역 이용 빈도.

이유로는 평범한 중·소규모의 역일수록 출퇴근 목적의 통행 비중이 큰 반면 대규모 역은 출퇴근보다 그 외 목적 통행에 이용되는 비중이 상대적으로 높은 것으로 추측할 수 있겠다.

다음으로, 분산분석의 결과 역 집단 간 시간대 별 역 이용 빈도가 통계적으로 유의한 차이를 보이는지의 여부는 통행 연쇄 패턴의 특성과 관련이 있음을 알 수 있었다(Table 4). 즉 최초 도착과 최종 출발이 동일한 통

행 연쇄 패턴II, III은 최종 출발의 오후 시간대 역시 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 있다. 또한, 최초 출발과 최종 도착이 동일한 통행 연쇄 패턴II, IV는 최종 도착의 모든 시간대가 그룹 간 통계적으로 유의한 차이를 보인다. 이로부터 이용 패턴과 역 이용 빈도에 따른 역 집단 간 관계를 요약하여 파악할 수 있다.

Table 4. Variables of metro station-visiting frequency with significant difference between metro station groups. 역 집단 간 유의한 차이를 보이는 역 이용 빈도 변수들.

P	n	1 st departure			1 st arrival			2 nd departure			2 nd arrival		
		am_r	pm_r	eve_r	am_r	pm_r	eve_r	am_r	pm_r	eve_r	am_r	pm_r	eve_r
I	*	*		*									
II	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*
III	*	*	*	*				*	*	*			
IV	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*
V	*	*	*	*				*		*			

Note: P is trip chain pattern, and n is frequency of visiting a metro station during the day. am_r, pm_r and eve_r denote the ratio of frequency of visiting a metro station at am, pm and evening of the day to frequency during the entire day, respectively.

5. 결론 및 토의

본 연구는 수도권 시민에 의한 광역철도 역의 실제 이용 실태를 조사하기 위하여, 수도권 광역도시철도 역 이용의 통행 연쇄 패턴을 논리적으로 구분하고 이들의 실제 역 이용 행태를 살펴봄으로써 이용자의 역 이용 빈도에 기초한 역의 유형별 특성을 규명하는 것을 연구 목적으로 하였다. 이를 위해 2005년도 수도권 광역도시철도 357개 역 전체를 분석 대상으로 하여 6월 24일 금요일 하루 동안의 270만여 명의 역 이용자 통행을 대상으로 분석을 시행하였다. 분석 결과 다음을 확인할 수 있었다.

우선, 통행 연쇄 패턴 별 역 이용 빈도에 따른 역 집단 구분 결과, 집으로의 최종 통행을 광역도시철도로 하는 사람들 간에는 돌아오는 시간대가 집단 구분에 중요한 의미를 갖는데 반해, 집으로의 최종 통행이 광역도시철도가 아닌 사람들은 두번째 통행의 시각이 그리 큰 의미가 없음을 알 수 있었다. 또한, 첫번째 도착과 두번째 도착의 역이 동일한가 여부에 따라 두번째 출발이 역 집단 구분에 중요한가 아닌가가 확인됨을 알 수 있다. 둘째, 이용 패턴과 무관하게 역 당 하루 동안 평균 이용 빈도 별로 역 집단 간 큰 차이를 보였으며, 이용 빈도가 높은 큰 역일수록 낮은 출발과 낮은 도착의 비율이 다른 집단의 역들에 비해 큰 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 수도권 광역철도 이용에 대한 기존의 연구들에서 주로 다루어 온 역에 타고내리는 여객 수 등 정량적 특성뿐 만 아니라 지하철 이용자의 통행연쇄 패턴까지 다루고 있으므로 수도권 광역철도 이용의 하루 통행패턴과 역 이용에 나타나는 정성적 측면까지 분석하고 있다. 특히 시간대별로 특정 역에 얼마나 많은 사람들이 타러 들어오고 내려서 나가는가와 이것이 역 이용의 통행 연쇄 패턴별로 어떠한 차이를 보이는가에 대한 본 연구의 결과는 시간대별 열차의 운행 간격이나 연결 객차 수의 차별화 등을 통한 수도권 광역도시철도 운행의 효율화를 위한 기초 자료로 사용될 수 있다. 또한 역 시설 및 서비스 개선계획은 물론 역 주변 지역의 토지이용 및 시설 입지계획 등을 위해 잠재적으로 유용한 정보로 활용될 수 있다.

역의 실제 이용 내용을 상세히 분석하는 작업은 학술적으로나 실행적으로도 의미있는 일이다. 이에 더해, 궁극적인 함의는 버스 등 다른 대중교통이나 승용차와의 연계통행 현상을 파악함으로써 더욱 분명해질 것이다. 또한, 특정 역 이용자가 어떠한 연계통행을 하는지(수단 연계, 기종점 연계 등)의 정보를 분석에 추가한다면 연구 결과의 효용성을 더 높일 수 있을 것이다. 이와 더불어 역 주변의 공간적 특성을 추가로 고려한다면 토지이용과 교통 간의 명시적 관련성에 관한 연구를 심화시킬 수 있을 것이므로 차후 연구 과제로 남긴다.

참고문헌

- Adler, T. and Ben-Akiva, M., 1979, A theoretical and empirical model of trip chaining behavior, *Transportation Research B*, 13, 243-257.
- Alonso, W., 1964, *Location and Land Use*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Anas, A. and Duann, L. S., 1986, Dynamic forecasting of travel demand, residence location, and land development: Policy simulations with the Chicago area transportation/land use analysis system, in Hutchinson, B. G. and Batty, M. (eds.), *Advances in Urban Systems Modelling*, North-Holland, Amsterdam, 299-322.
- Axhausen, K. and Garling, T., 1992, Activity-based approaches to travel analysis: Conceptual frameworks, models, and research problems, *Transport Review*, 12(4), 323-341.
- Badoe, D. A. and Miller, E., 2000, Transportation-land-use interaction: Empirical findings in North America, and their implications for modeling, *Transportation Research D*, 5, 235-263.
- Boyce, D. E., 1980, A framework for constructing network equilibrium model of urban location, *Transportation Science*, 14, 77-96.
- Burnett, P., 1978, Time cognition and urban travel behavior, *Geografiska Annaler, Series B, Human Geography*, 60(2), 107-115.
- Chen, C., Chen, J., and Barry, J., 2009, Diurnal pattern of transit ridership: A case study of the New York City subway system, *Journal of Transport Geography*, 17, 176-186.
- Chen, F., Wu, Q., Zhang, H., Li, S., and Zhao, L., 2009, Relationship analysis on station capacity and passenger flow: A case of Beijing subway line 1, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 9(2), 93-99.
- Cho, H. J. and Kim, G. S., 2007, Analysis of accessibility patterns for commuting trips in Seoul Metropolitan Area, *Journal of the Korean Geographical Society*, 42(6), 914-929 (in Korean).
- Geurs, K. T. and Van Wee, B., 2004, Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research direction, *Journal of Transport Geography*, 12, 127-140.
- Giuliano, G., 1995, Land use impacts of transportation investments: Highway and transit, in Hansen, S. (ed.), *The Geography of Urban Transportation*, Guilford Press, New York, 305-341.
- Hägerstrand, T., 1970, What about people in regional science?, *Papers in Regional Science Association*, 24, 7-24.
- Hansen, W. G., 1959, How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 73-76.
- Hirschman, I. and Henderson, M., 1990, Methodology for assessing local land use impacts of highways, *Transportation Research Record*, 1274, 35-40.
- Huh, W. K., 1991, The journey-to-work and residential location choice in Seoul, *Geography*, 26(1), 46-61 (in Korean).
- Hwang, S. K., Na, K. W., and Jun, M. J., 1999, Relationships between urban land use and travel pattern: A case study of Seoul, *Journal of Transport Policy Research*, 6(2), 121-139 (in Korean).
- Janelle, D. and Goodchild, M. F., 1983, Diurnal patterns of social group distributions in a Canadian City, *Economic Geography*, 59(4), 403-425.
- Janelle, D., Klinkenberg, B., and Goodchild, M. F., 1998, The temporal ordering of urban space and daily activity patterns for population role groups, *Geographical Systems*, 5, 117-137.
- Jun, M. J. and Jeong, M. J., 2003, Analysis of commuting pattern change and its determinants in Seoul Metropolitan Area, *Journal of the Korea Planners Association*, 38(3), 159-173 (in Korean).
- Jun, M. J., 1995, Commuting patterns in a polycentric city: The case of Seoul Metropolitan Area, *Journal of the Korea Planners Association*, 31(2), 223-236 (in Korean).

- Jun, M. J., 1997, The relationships between land use patterns and mode choices for home-based work trips: The case of Seoul Metropolitan Region, *Journal of Korean Society of Transportation*, 15(3), 39-49 (in Korean).
- Joh, C. H., 2009, Daily travel pattern using public transport mode in Seoul: An analysis of a multi-dimensional motif search, *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(2), 176-186.
- Kim, G. S. and Jeong G. O., 2005, Changes in commuting characteristics of large city regions: Changes in travel characteristics by age and gender, *A Monthly Magazine on Transportation Policy*, 88, 48-54 (in Korean).
- Kim, H. S., Park, J. S., and Lee, K. S., 2010, Visualization of passenger flows of the metropolitan Seoul subway system, *Journal of Korea Contents Society*, 19(4), 397-405 (in Korean).
- Kim, J. I. and Jun, M. J., 1996, A comparative analysis of job - housing separation by subcenters: In the case of Seoul Metropolitan Region, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 12(1), 77-91 (in Korean).
- Kim, J. I., 1995, A study on the determinants of satisfaction degree of work-trip in Metropolitan Areas, *Journal of Korean Society of Transportation*, 13(2), 5-18 (in Korean).
- Kim, T. J., 1983, A combined land use-transportation model when zonal travel demand is endogenously determined, *Transportation Research B*, 17, 449-462.
- Kitamura, R., Kazuo, N., and Goulias, K., 1990, Trip chain behavior by central city commuters: A causal analysis of time-space constraints, in Jones, P. (ed.), *Development in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, Avebury, Aldershot, 145-170.
- Kwon, Y. S. and Kim, C. S., 1998, Changes in commuting patterns in Seoul Metropolitan Area (1980-1995), *Journal of the Korea Planners Association*, 33(5), 183-197 (in Korean).
- Latora, V. and Marchiori, M., 2002, Is the Boston subway a small-world network?, *Physica A*, 314, 109-113.
- Lee, B. S., 1998, Determinants of commuting distance for Seoul residents, *Journal of the Korea Planners Association*, 33(3), 241-263 (in Korean).
- Lee, H. Y. and Lee, J. Y., 2009, Changes of university students' commuting flows in the Capital Region, *Journal of the Korea Planners Association*, 44(7), 137-152 (in Korean).
- Lee, K. and Park, J. S., 2005, Traversal pattern analysis of transit users in the Metropolitan Seoul, *Proceedings of International Forum on the Public Transportation Reform in Seoul*, Seoul.
- Lee, K., Jung, W. S., Park, J. S., and Choi, M. Y., 2008, Statistical analysis of the Metropolitan Seoul subway system: Network structure and passenger flows, *Physica A*, 387, 6231-6234.
- Lee, K. and Park, J. S., 2006, Travel patterns of transit users in the Metropolitan Seoul, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 9(3), 379-395 (in Korean).
- Lee, K., Hong, J. Y., Min, E. H, and Park, J. S., 2007, Relationships between topological structures of traffic flows on the subway networks and land use patterns in the Metropolitan Seoul, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 10(4), 427-443 (in Korean).
- Lee, K., Park, J. S., Choi, H., Choi, M. Y., and Jung, W. S., 2010, Sleepless in Seoul: 'The ant and the metrohopper', *Journal of the Korean Physical Society*, 57(4), 823-825.
- Park, J. S. and Lee, K., 2007, Mining trip patterns in the large trip-transaction database and analysis of travel behavior, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 10(1), 44-63 (in Korean).
- Park, J. S. and Lee, K., 2008, Network structures of the Metropolitan Seoul subway systems, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 11(3), 459-475 (in Korean).
- Park, J. S. and Lee, K., 2010, Analysis of passenger flows

- in the subway transportation network of the Metropolitan Seoul, *Journal of Korean Information Society: Computing Practice and Letter*, 16 (3), 316-323 (in Korean).
- Park, J. S., Kim, H. S., and Lee, K., 2010, Classification of subway trip patterns from Smart Card transaction databases, submitted to *Journal of the Korea Contents Association* (in Korean).
- Prastacos, P., 1986, An integrated land use-transportation model for San Francisco region: 1. Design and mathematical structure, *Environment and Planning A*, 18, 307-322.
- Sen, P., Dasgupta, S., Chatterjee, A., Sreeram, P. A., Mukherjee, G., and Manna, S. S., 2003, Small-world properties of the Indian railway network, *Physical Review E*, 67(3), 036106_1-036106_5.
- Seo, J. G., 1998, A study on the relationships between urban structural changes and commuting patterns changes: Focusing on Seoul Metropolitan Area's industrial distribution and commuting patterns changes, *Journal of the Korea Planners Association*, 33(5), 167-182 (in Korean).
- Shin, S. I., Lee, C. J., and Cho, Y. C., 2008, A methodology to evaluate regional public transportation services using public transport use data, *Transportation Technology and Policy*, 5(1), 111-127 (in Korean).
- Shin, S. Y., 2003, Jobs-housing accessibility and commuting: The case of Seoul Metropolitan Area, *Journal of the Korea Planners Association*, 38(4), 73-87 (in Korean).
- Shaw, S. and Xin, X., 2003, Integrated land use and transportation interaction: A temporal GIS exploratory data analysis approach, *Journal of Transport Geography*, 11, 103-115.
- Sohn, S. H., 2005, Transformation of the urban spatial structure by commuting trips in Seoul: 1996~2002, *Seoul Studies*, 6(2), 79-94 (in Korean).
- Song, M. R., 1998, Empirical analysis of factors influencing commuting behavior in the Seoul Metropolitan Area, *Journal of the Korea Planners Association*, 36(7), 241-254 (in Korean).
- Van Wee, B., 2002, Land use and transport: Research and policy challenges, *Journal of Transport Geography*, 10, 259-271.
- Yun, I. H. and Kim, H. Y., 2003, A study on commuting patterns in Seoul Metropolitan Area, 1990-1996, *Journal of the Korea Planners Association*, 38(6), 87-97 (in Korean).
- Zandvliet, R. and Dijst, M., 2006, Short-term dynamics in the use of places: A space-time typology of visitor populations in the Netherlands, *Urban Studies*, 43(7), 1159-1176.
- 교신: 조창현, 130-701, 서울시 동대문구 회기동 1, 경희대학교 지리학과(이메일: bwchjoh@khu.ac.kr, 전화: 02-961-9264)
- Correspondence: Chang-Hyeon Joh, Department of Geography, Kyung Hee University, 1, Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-701, Korea (e-mail: bwchjoh@khu.ac.kr, phone: +82-2-961-9264)
- 최초투고일 2010. 6. 8
수정일 2010. 9. 14
최종접수일 2010. 10. 21