

집계자료를 이용한 수도권내 승용차 통행의 고속도로 의존도 분석

Aggregate-level Analysis of Auto Travel Dependency on Freeways
in the Seoul Metropolitan Area

고준호

(서울시정개발연구원 연구위원)

이성훈

(서울시정개발연구원 연구위원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위
 - II. 기존 문헌 고찰
 - III. 분석 지표
 - 1. 고속도로 의존도 분석 지표
 - 2. 고속도로 현황 및 통행관련 분석 지표
 - IV. 분석결과
 - 1. 권역별 고속도로 현황 분석 결과
 - 2. 고속도로 의존도 분석 결과
 - 3. 평균 통행거리 및 평균 통행시간 분석결과
 - V. 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인 분석
 - 1. 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인
 - 2. 분석결과
 - VI. 결론 및 향후 연구
- 참고문헌

Key Words : 집계 통행자료, 고속도로 의존도, 수도권, 통행행태, 통행시간차이

Aggregate Trip Data, Freeway Dependency, Seoul Metropolitan Area, Travel Behavior, Travel Time Difference

요 약

본 연구는 고속도로 의존도 (분석단위인 지역내 전체 발생 승용차 통행량 중 고속도로를 이용한 승용차 통행량의 비율로 정의)의 수도권내 지역간 차이를 살펴보고, 이 의존도에 영향을 주는 요인을 분석하였다. 분석결과 고속도로에 대한 의존도가 높은 지역은 일반적으로 고속도로로의 연결성이 좋은 지역에 위치하고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인을 파악하기 위해 지역내 IC 개수, 고속도로 연장, 승용차분담율, 평균통행거리, 평균통행시간차이 (고속도로 미이용시 - 고속도로 이용시) 등을 대상으로 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 서울시에서는 고속도로의 이용유무에 따른 평균 통행시간 차이가 유의한 변수로 도출되었으며, 인천·경기도에서는 접근성과 관련된 IC개수와 평균 통행시간 차이가 영향을 주고 있음을 파악할 수 있었다. 본 연구 결과는 지역단위의 집계된 수준에서 통행경로 선택에 대한 이해를 증진시켜 주는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

This study investigates the degree of dependency on freeways when auto travelers make route choices in the Seoul Metropolitan Area. The investigation is conducted based on aggregated auto trip data, defining the degree of dependency as the proportion of auto trips selecting freeways in their travel paths. The analyses reveal that the trips departing from the areas with higher accessibility to freeways tend to exhibit higher dependency on freeways. In addition, the dependency is significantly affected by the travel time differences between two paths including and excluding freeways, respectively. The number of service interchanges was found to be one of significant factors for trips to Incheon and Gyeonggi areas. The finding indicates that the factors affecting the degree of dependency on freeways may vary depending on the areas' characteristics. The findings would enhance the understanding of drivers' route choice behavior in Seoul at an aggregate level.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

수도권의 확산적 도시화 현상과 더불어 도로망의 확장은 지속적으로 이루어져왔다. 또한 역으로 도로망의 지속적인 건설은 수도권내 지역간 연계를 통해 통근, 통학 등의 일상적 생활을 가능하게 하였고, 수도권이라는 대도시권을 형성하는데 이바지 한 것으로 평가되고 있다. 한편, 도로망은 사람들의 통행에 영향을 주는 요소이다. 예를 들어 도로망이 잘 발달되어 있는 지역에서는 승용차에 대한 통행 의존도가 높을 수 있고, 또한 승용차에 대한 통행의존도가 큰 지역에서는 도로망의 발달을 요구할 수 있다.

수도권 내에서 일상적 생활의 한 부분이 되어버린 도로망의 역할에 대하여 거시적인 차원에서 즉, 수도권 전체 공간에서의 기능을 이해할 필요성이 있다.

본 연구에서는 이러한 취지하에 고속도로 의존도라는 지표를 전체 승용차 통행량 중 고속도로를 이용한 승용차 통행량의 비율로서 정의하고, 이를 활용하여 고속도로의 발달이 수도권내 통행에 어떠한 영향을 주었는지에 대해 분석하였다. 이를 위해 수도권 도로망 중 고속도로에 초점을 두어 고속도로의 공급수준을 각 권역별로 살펴보았다. 최종적으로 각 지역 및 권역별로 분석된 고속도로 의존도에 영향을 주는 요소를 규명하여 수도권 공간적 구조에 대한 정책적 함의를 도출하고자 하였다.

본 연구의 분석 방법 및 분석 결과는 향후 고속도로와 관련된 교통정책을 수립하는데 있어 객관적 기준을 마련하는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 연구의 범위

1) 고속도로의 정의

수도권에는 전국 지역간을 연결하는 고속도로와 도시내 지역을 연결하는 도시고속도로가 존재한다. 본 연구에서는 고속도로와 도시고속도로를 구분하지 않고 고속도로라는 하나의 용어로 사용하였다.

2) 시간적 범위

본 연구에서는 고속도로와 수도권내 통행 특성간의

관계를 분석하기 위해 서울시정개발연구원에서 구축한 “수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안”의 기·중점(O/D) 통행량 자료를 사용하였다. 연도별 통행량자료 중 2006년의 자료를 사용하였고, 분석의 기준시점으로 선정하였다.

3) 공간적 범위

서울, 인천, 경기의 수도권 내 66개 시/군/구의 도시를 대상으로 분석을 수행하였고, 각 도시들을 <표 1>에서의 권역으로 구분하였다.

4) 내용적 범위

특정지역의 승용차 이용자가 고속도로를 통행의 경로상에 포함시킬 것인지는 다양한 요인에 의해 결정될 수 있을 것이다. 근본적으로 이는 승용차 수단 선택 행태와도 연결되므로 통행자의 사회경제적 특성 (소득수준, 차량소유 여부 등), 통행목적, 대체 교통수단 혹은 대체도로의 존재여부 및 특성, 출발지 혹은 도착지에서의 토지이용 특성 등에 의해서도 영향 받을 수 있다 (신상영, 2004; Chang & Wu, 2008; Cullinane & Cullinane, 2003; Shon & Yun, 2009). 그러나, 이러한 다양한 변수를 모두 고려하는 것은 자료 구득의 어려움 등 한계가 존재하므로 본 연구에서는 그 분석 단위를 개별통행자가 아닌 지역에 한정시키고, 통

<표 1> 공간적 범위 및 권역구분

권역구분		해당 시/군/구
경기도 (5개권역)	경기북서부	고양시, 파주시, 의정부시, 동두천시, 양주시, 연천군, 포천시
	경기북동부	구리시, 남양주시, 가평군, 양평군
	경기남동부	성남시, 하남시, 용인시, 이천시, 여주군, 광주시, 안성시
	경기남서부	수원시, 안양시, 평택시, 안산시, 과천시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 평택시, 화성시
	경기서부	부천시, 김포시
서울시 (5개권역)	도심	종로구, 중구, 용산구
	동북권	광진구, 성동구, 중랑구, 동대문구, 도봉구, 강북구, 성북구, 노원구
	서북권	은평구, 마포구, 서대문구
	서남권	강서구, 양천구, 영등포구, 구로구, 동작구, 관악구, 금천구
	동남권	서초구, 강남구, 송파구, 강동구
인천시 (1개권역)	인천시	강화군, 옹진군, 중구, 서구, 계양구, 부평구, 남구, 동구, 연수구, 남동구

행경로의 선택 문제와 연결되는 거시적 측면에서의 특성만을 고려하여 분석하였다.

II. 기존 문헌 고찰

본 연구에서 규명하고자 하는 대도시권에서 고속도로의 의존도를 분석한 기존 연구는 거의 없는 것으로 파악된다. 따라서 본 연구와는 직접적으로는 연관이 없더라도 간접적으로 연계되어 있는 기존 연구를 고찰하였고, 그 시사점을 파악하였다.

김성준(2008)은 고속도로의 공급 후 서비스 수준을 해당지역에 진·출입로가 없는 경우 면적당 도로연장(km/km²) 또는 인구당 도로연장(km/명)으로 분석하기에는 무리가 있으므로 고속도로에 대한 접근성 측면에서 분석하고자 하였다. 접근성을 고속도로를 이용하고자 할 때 도달하기 용이한 정도라고 정의하였고, 통행거리를 파악하여 산정하였다. 수도권내 지역의 도시고속도로 및 고속도로 공급수준을 분석하는데 있어 연장(공급시설 연장)만을 가지고 고속도로의 서비스 수준을 평가하는 것은 주변지역 주민들의 통행특성을 반영하지 못하는 문제점이 있다는 것을 지적하였다. 이러한 점에 착안하여 본 연구에서는 고속도로 공급수준 분석과 접근성을 분석하기 위해 고속도로 연장과 함께 해당 지역내의 IC개수를 분석지표로 활용하였다.

Abdel-Aty et al. (1997)은 교통정보의 제공이 출근통행자의 경로선택에 미치는 영향에 대해 통계적으로 분석하였다. 분석에는 SP자료가 사용되었고, 통행시간의 변동이 경로선택에 미치는 영향과 통행시간 변동, 교통정보획득, 경로선택간의 상호 관계에 대해 분석하였다. 또한, 'Advanced Traveler Information Systems (ATIS)'가 경로선택에 미치는 영향에 대해서도 분석하였다. 교통정보와 ATIS는 통행자의 경로선택에 중요한 역할을 하고 있음을 연구결과로 제시하였다.

Yamamoto et al. (2000)은 혼잡통행료 제도가 경로선택에 미치는 영향에 대해 연구하였다. SP자료에 기초하여, 혼잡통행료 시행시 통행 전·후 활동과 연관된 출발시간 및 경로선택에 대해 분석하였다. 혼잡통행료 징수시 출발시간 및 경로 선택을 함에 있어 고속도로 통행과 일반도로 통행에 대한 통행행태를 분석하였다.

Li et al. (2005)은 오전 통근 통행의 경로선택에 대해 연구하였다. Global Positioning System을 이용하여 182명의 통행자의 실제 통행경로를 분석한 결과 통

근자의 업무시간 유연성(commuters' work schedule flexibility), 사회·인구학적(sociodemographic) 특성, 통근 경로의 도로특성(commute route attributes)이 경로선택에 영향을 미친다는 결과를 제시하였다.

기존문헌들의 고찰결과 통행자의 경로선택에 미치는 요소는 다양하다는 사실을 파악할 수 있었다. 하지만 대부분의 연구들이 개별 통행자를 대상으로 한 선택모형 측면에서 계수값 추정에 대한 연구를 수행하였고, 수도권과 같은 지역적 공간을 대상으로 경로를 선택함에 있어서 고속도로를 선택할 확률(고속도로 의존도) 등에 대한 연구는 거의 없는 것으로 파악된다. 따라서, 본 연구는 그 동안 연구가 거의 없었던 새로운 주제를 탐색해 보는데 의의가 있을 것으로 판단되며, 새로운 관점에서 통행경로 선택에 대한 이해도를 높이는데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

III. 분석 지표

1. 고속도로 의존도 분석 지표

본 연구에서는 고속도로에 대한 의존도를 평가하기 위하여 각 지역(시/군/구)별 승용차 총통행량 중 고속도로를 이용하는(통행경로상에 고속도로 구간을 포함하는) 승용차의 통행량 비율이라고 정의하였고, 식(1)을 이용하여 분석하였다.

$$\text{지역 } i \text{의 고속도로 의존도} = \frac{T_i'}{T_i} \quad (1)$$

T_i : 도시 i 의 승용차 총통행량

T_i' : 도시 i 의 고속도로를 이용하는 승용차 통행량

도시 i 의 승용차 총통행량(T_i)으로는 수도권 기·종점(O/D)통행량 자료의 2006년 승용차 통행발생량을 사용하였다. 도시 i 의 고속도로 통행량은(T_i')은 EMME/2의 Select Link Analysis function을 이용하여 산출하였다. 이 기능은 특정 도로구간을 통과하는 통행의 기종점을 찾는 데 유용한 수단으로 본 연구에서는 고속도로의 진출입로 구간을 선정하여(selected link) 고속도로를 이용하는 통행량을 추정하였다.¹⁾ 통행배정을 통한 도로 위계별 통행량 산정에는 한국개발연구원(2009)에서 제시한 승용차 환산계수와 교통량-지체함수(VDF)를 활용하였다.

2. 고속도로 현황 및 통행관련 분석 지표

1) 권역별 고속도로 현황 분석 지표

고속도로와 같은 대규모 교통시설물의 경우 진·출입로가 제한적이다. 따라서 특정 지역내에 고속도로 시설이 존재하더라도 진·출입로가 없다면 그 지역에 고속도로 시설이 잘 구축되었다고 말할 수 없다. 따라서 고속도로 현황분석 지표로서 지역내 고속도로 연장과 진·출입로(IC) 개수를 동시에 사용하였다.

2) 권역별 승용차 수단분담율 분석 지표

수도권교통본부(2009)의 2006년 기준 가·중점(O/D) 통행량 자료를 사용하여 각 권역별 승용차 통행량을 집계하였고 타 통행수단의 통행량을 집계하여 승용차 수단분담율을 산정하였다.

3) 도시별 평균통행거리 분석 지표

승용차 통행배정 결과에 따른 기점 도시(i)에서부터 각 중점 도시(j)까지의 평균통행거리 매트릭스를 식(2)을 이용하여 산출하였다. 승용차 통행배정에는 EMME/2 tool을 활용하였다.

$$\text{평균통행거리}_{ij} = \frac{\sum_a d_a v_a^{ij}}{\sum_a v_a^{ij}} \quad (2)$$

d_a : 링크 a의 거리

v_a^{ij} : 링크 a의 ij 간 통행량

통행량을 가중 평균한 도시 i 의 평균통행거리는 식(3)을 이용하여 산출하였다.

$$\text{도시 } i \text{의 평균통행거리} = \frac{\sum_j T_{ij} \cdot \text{평균통행거리}_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \quad (3)$$

T_{ij} : 도시 ij 간 전체 승용차 통행량

4) 도시별 도로위계별 평균통행시간 분석 지표

도시 ij 간을 통행할 때 도로위계별 평균통행시간을

분석하기 위해 고속도로를 이용할 때의 승용차 평균통행시간과 고속도로를 이용하지 않을 때의 평균통행시간을 산정하였다.

고속도로를 이용할 때의 평균 통행시간은 EMME/2 tool을 활용 승용차 통행배정을 수행하여 기점 도시(i)에서부터 각 중점도시(j)까지의 균형통행시간 매트릭스를 산출하였다. 균형상태이므로 균형통행시간을 고속도로를 이용한 경로의 통행시간으로 간주하였다. 최종적으로 도시 i 의 고속도로를 이용할 때의 평균통행시간은 통행량을 가중 평균하여 식(4)를 이용하여 산출하였다.

고속도로를 이용할 때 도시 i 의 평균통행시간

$$= \frac{\sum_j T_{ij} \times \text{균형통행시간}_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \quad (4)$$

고속도로를 이용하지 않고 통행할 때의 평균통행시간 산출방법은 다음과 같다.

i) 수도권 교통분석 네트워크에서 고속도로를 삭제
ii) 고속도로가 존재하였을 시의 배정된 통행량을 그대로 배정

iii) 0.00001의 값을 갖는 O/D 매트릭스를 고속도로가 삭제된 네트워크에 추가로 통행배정하여 기점 도시(i)에서부터 각 중점 도시(j)까지의 균형통행시간 매트릭스를 산출

* 0.0001의 값을 갖는 O/D 매트릭스는 일반도로에만 배정됨

산출된 균형통행시간 매트릭스는 고속도로가 아닌 일반도로만을 이용한 경로의 통행시간으로 간주하였다. 고속도로를 이용하지 않을 때 도시 i, j 간의 평균통행시간은 통행량 가중평균으로 식(4)에서 새로 산출된 평균통행시간을 대입하여 산출하였다.

IV. 분석결과

1. 권역별 고속도로 현황 분석결과

수도권내 권역별 도시고속도로의 공급수준을 살펴보

1) Selected link analysis의 경우 차량이 고속도로를 진입한 후 일반도로를 이용하고 다시 고속도로로 진입하는 경우 두 번의 고속도로 통행으로 산정되어 고속도로 통행이 과대 추정될 우려가 있음. 그러나, 일반적으로 고속도로의 높은 자유속도와 용량 때문에 모형상의 통행배정에 있어서 이러한 상황은 거의 발생되지 않을 것으로 가정하였음.

기 위하여 고속도로의 연장 및 진입 IC의 분포를 분석한 결과는 <표 2>와 같다.

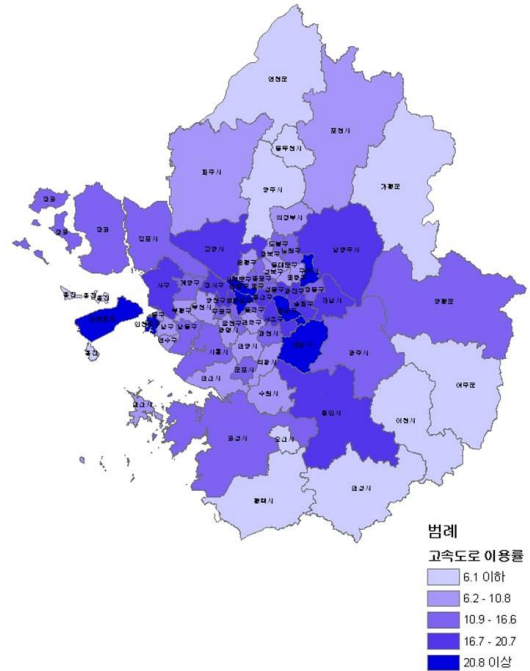
권역별로 볼 때 경기남서부 지역이 가장 많은 고속도로 진입 IC를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 또한 경기도에서는 경기남서부지역, 서울시에서는 동북권 지역이 가장 많은 진입 IC를 가지고 있는 것으로 분석되었다.

2. 고속도로 의존도 분석 결과

Ⅲ장에서 정의된 고속도로 의존도 분석 지표를 바탕으로 고속도로 통행량을 산출한 결과와 고속도로 의존도를 분석한 결과는 <표 2>에 나타나 있다.

서울시 동남권의 경우는 고속도로 공급수준이나 통행량은 중간수준이나 고속도로 의존도가 상대적으로 높은 것으로 분석되었다. 또한 도심의 경우 낮은 고속도로 공급수준에도 불구하고 상대적으로 고속도로 의존도가 높은 것으로 분석되었다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 고속도로의 공급수준이나 승용차 통행량 이외의 다른 요인이 고속도로 의존도에 영향을 미친다고 생각할 수 있다.

권역별로 분석된 고속도로 의존도를 시/군/구별로 세분화하여 분석한 결과를 도식화 한 것은 <그림 1>과 같다. 고속도로 의존도가 가장 높은 지역은 인천시 중구로서 34.07%로 분석되었다. 서울시의 경우 영등포구가 28.73%로 가장 높고, 경기도의 경우는 구리시가 28.05%로 가장 높게 분석되었다. 전체적으로 고속도로 의존도가 20% 이상인 시/군/구들은 서울시는 강남구, 서초구, 용산구, 광진구, 마포구, 영등포구, 경기도



<그림 1> 시/군/구별 고속도로 의존도

는 성남시, 구리시, 하남시, 인천시는 중구로 분석되었다. 인천시 중구의 경우 인천 도시고속도로의 끝부분에 위치하고 있고, 제2경인 고속도로와 경인고속도로의 이용이 용이한 지역이기 때문에 상대적으로 의존도가 높게 나온 것으로 판단된다.

서울시의 경우 도시고속도로의 결절점에 위치한 지역들의 고속도로 의존도가 높게 분석되었다. 올림픽대로와 서부간선도로가 위치해 있는 영등포구, 경부고속도로와 올림픽대로가 위치해 있는 강남구와 서초구, 강변북로와 내부순환로가 만나는 마포구, 올림픽대로와 동부간선이 만나는 광진구의 의존도가 높게 분석되었다.

경기도의 경우도 경부고속도로, 분당-장지간 고속도로, 서울외곽순환고속도로가 만나는 성남시와 중부내륙고속도로와 서울외곽순환고속도로가 만나는 하남시, 강변북로, 북부간선고속도로, 서울외곽순환고속도로가 만나는 구리시의 의존도가 높게 분석되었다. 시/군/구별 분석결과를 미루어 판단할 때 고속도로의 공급수준이 고속도로 의존도에 영향을 끼치고 있음을 파악할 수 있었다.

3. 평균 통행거리 및 평균 통행시간 분석결과

Ⅲ장에서 정의된 분석지표를 토대로 서울시, 인천

<표 2> 권역별 고속도로 공급 현황 및 의존도

구분	총 연장 (순위)	IC 개수 (순위)	의존도 (순위)
도심	16.13km (11)	2개 (11)	16.47% (5)
동북권	95.10km (4)	19개 (2)	13.50% (8)
서북권	27.96km (9)	6개 (8)	16.35% (6)
서남권	48.63km (7)	7개 (6)	18.92% (3)
동남권	82.21km (5)	13개 (5)	20.71% (1)
인천시	112.28km (3)	14개 (4)	14.18% (7)
경기북서부	76.33km (6)	7개 (6)	11.53% (9)
경기북동부	34.88km (8)	5개 (9)	19.13% (2)
경기남동부	399.11km (1)	17개 (3)	17.21% (4)
경기남서부	329.58km (2)	24개 (1)	9.85% (11)
경기서부	17.05km (10)	4개 (10)	10.70% (10)
전체	1,239.24km	118개	15.32% (평균)

〈표 3〉 평균 통행거리 및 평균 통행시간 차이 분석결과

구분		서울시	인천시	경기도
평균 통행거리		9.4km	10.19km	12.31km
평균 통행시간 차이		0.87분	1.23분	0.77분
도시 고속도로 의존도	전체통행	17.74%	14.18%	12.56%
	외부통행	45.61%	39.87%	40.03%
	내부통행	8.52%	6.18%	3.76%

시, 경기도 각각에 대해서 평균통행거리와 평균통행시간을 〈표 3〉과 같이 분석하였다. 평균통행거리는 장거리 통행이 어느 정도 되는지 파악하기 위해, 평균통행시간 차이는 고속도로 경쟁력 측면에서 고속도로를 이용할 때 어느 정도 시간이 단축되는지 알아보기 위해 분석하였다.

서울시의 경우 평균통행거리가 가장 짧고, 고속도로와 일반도로의 평균통행시간 차이가 인천보다 적음에도 불구하고 도시고속도로 의존도가 17.4%로 가장 높게 분석되었다. 평균 통행거리가 길수록, 장거리 통행 비율이 높을수록 고속도로의 의존도가 높을 것이라는 예상과는 다른 결과였다. 특히 서울시는 외부통행의 경우 45.6%, 내부통행의 경우 8.52%로 가장 높게 분석되었는데, 이는 서울시가 경기도, 인천시보다도 고속도로 이용 편리성이 상대적으로 높다는 것을 암시하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 상대적으로 통행속도가 높은 국도가 많은 경기도의 경우 장거리 통행을 이들 국도가 일부 처리하기 때문에 나타나는 결과인 것으로 보인다.

V. 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인 분석

1. 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인

분석의 공간적 단위를 66개의 시/군/구별로 좀 더 세분화하여 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다. 본 연구에서는 고속도로 의존도에 영향을 주는 요인으로 다음 4가지 사항을 고려하였다.

- 고속도로 공급수준 (IC개수, 고속도로 연장)
- 승용차 수단분담율
- 도시의 평균통행거리 (장거리 통행비율)
- 고속도로를 이용할 때와 이용하지 않을 때의 평균 통행시간 차이 (고속도로의 경쟁력)

도시의 평균통행거리는 각 시/군/구별로 장거리 통행비율을 알기 위해 분석하였다. 평균 통행거리가 길수록 도시의 통행이 장거리 통행이 많음을 의미한다.²⁾

고속도로 이용의 경쟁력을 알기 위해 각 시/군/구별로 고속도로를 이용하여 통행할 때의 평균 통행시간과 이용하지 않을 때의 평균 통행시간을 산정하여 그 차이를 고속도로의 경쟁력 지표로 사용하였다.

2. 분석결과

1) 고속도로 의존도와 관련 변수의 상관성

고속도로 의존도에 영향을 주는 요인을 파악하기 위하여 수도권 전체 및 서울시와 인천·경기를 구분하여 상관분석을 수행하였다. 〈표 4〉에 나타나는 것처럼 수도권 전체적으로 볼 때 평균 통행시간 차이와 의존도가 가장 높은 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타나 통행시간이 차이에 의해 고속도로 의존도가 상당부분 결정되고 있는 것으로 분석되었다. 이 사실은 서울시, 인천·경기도에 동일하게 적용되고 있는 것으로 보인다. 한편, 예상한 바와 같이 IC 개수가 많을수록 의존도 또한 높아지는 것으로 분석되었다. 이는 인천·경기지역에도 그대로 적용되고 있는 것으로 나타났으나, 서울시의 경우 IC 개수와 상관성은 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다.

한편, 기대했던 것과는 달리 승용차 수단분담율의 경우 수도권 전체로 볼 때 음의 상관관계를 보이고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 서울시에서는 통계적으로 유의한 수준에서 양의 상관관계를 보여 직관과 일치하는 것으로 나타났고, 인천·경기는 통계적으로 유의하

〈표 4〉 고속도로 이용율과의 상관계수

구분	수도권 (n=66)	서울시 (n=25)	인천·경기 (n=41)
IC 개수	0.363**	0.186	0.472**
고속도로 연장	0.119	0.416*	0.221
승용차 수단분담율	-0.251*	0.591**	-0.188
평균통행거리	0.051	0.747**	0.154
평균통행시간차이	0.674**	0.884**	0.736**

주 : *는 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의함

**는 $\alpha = 0.01$ 수준에서 유의함

2) 일반적으로 장거리 통행의 경우에는 고속도로 의존도가 높아질 수 있을 것으로 기대되므로, 개별 통행 관점에서는 통행거리 수준에 따라 고속도로 의존도가 달라질 수 있음. 그러나, 본 연구에서는 지역별로 집계화된 자료를 사용하기 때문에 이러한 통행거리에 따른 의존도의 차이를 반영하기에는 한계가 있을 수도 있으므로 결과 해석에 유의하여야 함.

지 않은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

고속도로 연장 및 평균 통행거리의 경우 유사하게 수도권 전체적으로는 상관관계가 거의 없는 것으로 분석되었으나 서울시에서는 양의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다.

이러한 분석결과는 전반적으로 합리적인 것으로 판단되며, 통행특성 및 도로공급 성격이 다른 서울과 인천·경기를 분리하지 않고 수도권 전체적으로 평가하는 것은 잘못된 해석을 유발할 수 있음을 암시하고 있는 것으로 보여진다. 따라서, 본 논문에서는 수도권 전체 시군구를 대상으로 하는 분석은 이후에서는 다루지 않았다. 한편, 평균 통행시간의 차이가 가장 큰 상관관계가 있는 것으로 분석된 결과는 통행자가 통행을 함에 있어 통행시간(통행비용)을 최소화하는 경로를 선택한다는 일반적인 사실에 부합한다고 판단할 수 있다.

2) 상·하위 집단의 대조 분석

고속도로 의존도에 영향을 미치는 요인에 대해 좀 더 명확히 분석하기 위하여, 서울시 25개 구와 경기도·인천시의 41개 시/군/구의 고속도로 의존도가 높은 상위 5개와 낮은 하위 5개의 시/군/구를 대상으로 대조 분석을 실시하였다. 이 대조 분석은 자료 전체를 사용하여 평균적 특성을 비교할 때 드러나지 않는 상하위 집단간의 차별적 요소를 찾아내는데 유리한 방식이다 Ko et al. (2011).

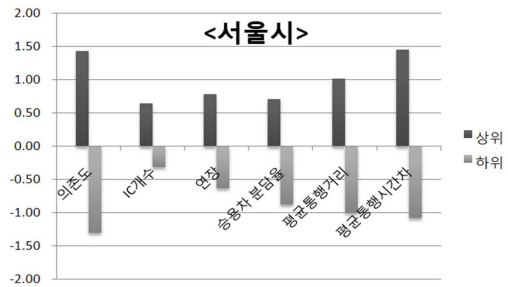
이를 위해 값들의 크기 및 단위가 다른 각 요인변수들의 객관적 비교를 용이하게 하기 위해 요인별로 식 (5)와 같이 정규화(표준정규분포화)를 수행하였다.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \tag{5}$$

X: 관찰값, μ : 평균, σ : 표준편차

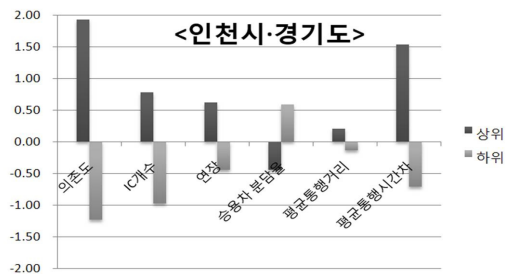
<그림 2>, <그림 3>은 서울시, 경기도 및 인천시의 상위 5개와 하위 5개 시/군/구의 요인별 분석결과를 정규화한 값을 평균하여 비교한 결과이다.

서울시의 경우 상위 5개구의 정규화한 값의 평균은 모든 요인에서 양의 값으로 산정되었다. 반대로 하위 5개구의 평균은 음의 값으로 산정되었다. 이러한 결과는 고속도로 의존도가 클수록 각 요인 값의 차이가 클 것이라는 예상과 일치하였다. 또한, 상관분석 결과에서도 출된 상관계수 크기 순서와 정규화된 평균값의 차이



주 : 상위와 하위의 정규화한 값의 차이는 의존도=2.73, IC개수=0.97, 고속도로 연장=1.42, 승용차 분담율=1.58, 평균통행거리=2.02, 평균통행시간 차=2.53임

<그림 2> 서울시 각 요인별 정규화 분석결과



주 : 상위와 하위의 정규화한 값의 차이는 의존도=3.16, IC개수=1.76, 고속도로 연장=1.07, 승용차 분담율=-1.04, 평균통행거리=0.35, 평균통행시간 차=2.25임

<그림 3> 인천시·경기도 각 요인별 정규화 분석결과

크기 순서가 유사한 것으로 나타나, 상하위 집단만의 차이가 전체적 자료 특성에도 그대로 반영되고 있는 것으로 분석되었다.

인천시·경기도의 경우 승용차 분담율을 제외한 모든 요인에서 서울시와 같은 패턴을 보이고 있는 것으로 나타났다. 승용차 분담율이 예상과 다른 패턴을 보이는 이유는 지역적 특성에 기인한 것으로 보인다. 즉, 인천시·경기도의 고속도로 의존도가 낮은 하위 5개 지역은 용진군, 여주군, 양주시, 동두천시, 연천군이다. 이 지역 중 용진군, 동두천시, 연천군에는 고속도로가 없고 대중교통 공급수준도 부족한 지역이다. 따라서 고속도로에 대한 의존도는 낮지만 승용차 분담율이 여건상 높을 수 밖에 없는 지역이기 때문에 정규화한 값의 부호가 다른 요인과는 반대로 분석되었다고 판단된다. (이러한 대조분석법은 다양한 변이로 인해 해석하기 어려운 전체 자료를 사용하는 대신 비교적 적은 자료를 이용하여 그 결과를 해석할 수 있는 기회를 제공한다.)

〈표 5〉 서울시 회귀분석 결과

모형	서울시-I			서울시-II			서울시-III			서울시-IV			서울시-V		
	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값
상수	0.47	0.12	0.91	0.84	0.21	0.83	4.58	3.37	0.00	4.35	3.10	0.01	4.48	3.28	0.00
평균 통행시간차이	11.89	3.69	0.00	11.72	3.71	0.00	14.34	7.86	0.00	14.82	7.91	0.00	15.26	9.07	0.00
고속도로 연장	0.19	1.29	0.21	0.23	1.81	0.09	0.22	1.71	0.10	0.04	0.56	0.58			
IC 개수	-0.73	-1.29	0.21	-0.80	-1.46	0.16	-0.90	-1.68	0.11						
평균 통행거리	0.45	0.68	0.51	0.61	1.02	0.32									
승용차 분담율	0.09	0.59	0.56												
결정계수	0.82			0.82			0.81			0.79			0.78		
수정된 결정계수	0.78			0.78			0.78			0.77			0.77		

서울시-I : 평균 통행시간차, 연장, IC 개수, 평균 통행거리, 승용차 분담율
 서울시-II : 평균 통행시간차, 연장, IC 개수, 평균 통행거리
 서울시-III : 평균 통행시간차, 연장, IC 개수
 서울시-IV : 평균 통행시간차, 연장
 서울시-V : 평균 통행시간차

3) 고속도로 의존도에 관한 모형식

일반화된 고속도로 의존도 모형을 개발하여 제시하는 것은 향후 도시개발 등에 있어서 도로공급 수준 결정시 참고 자료로 활용할 수 있다는데 의의가 있을 것이다. 이를 위해, 지역별 IC 개수, 고속도로 연장, 승용차 분담율, 평균 통행거리, 평균 통행시간 차이를 독립변수로 하고 고속도로 의존도를 종속변수로 하는 다항회귀분석을 실시하였다. 이 때, 모형결정 방식으로 독립변수간의 다중공선성 문제를 해결하고, 변수간의 상대적 설명력을 비교하기 위해 단계별 변수 입력방식을 사용하였다.

서울시의 경우 다항회귀분석을 수행한 결과, 가장 적합한 모형으로 평균 통행시간 차이만을 변수로 가지는 모형 서울시-V가 도출되었다(〈표 5〉). 서울시의 고속도로 의존도와 높은 상관성을 가지는 변수 중 평균 통행거리 변수는 평균 통행시간 차이와의 다중공선성 문제로 모형에서 유의하지 않는 변수로 분석되었다. 승용차 분담율, IC개수 및 연장의 변수도 유의하지 않기 때문에 최종 모형에서는 평균 통행시간 차이만을 독립변수로 가지는 모형식이 도출되었다. 이는 서울시 고속도로 의존도는 평균 통행시간 차이에 의해 설명될 수 있음을 의미한다.

인천시·경기도의 경우 다항회귀분석을 수행한 결과, 가장 적합한 모형으로 평균 통행시간 차이와 IC 개

수를 변수로 가지는 인천시·경기도-IV 모형이 도출되었다(〈표 6〉). 인천시·경기도의 경우 서울시와 달리 IC 개수가 유의한 변수로 선택되었는데 이는 서울시에 비해 공간적 범위(면적)가 크기 때문에 이용자의 접근성과 관련된 IC 개수도 고속도로 의존도에 영향을 미치고 있다는 사실을 암시하고 있는 것으로 해석되어진다. 인천시·경기도 모형의 경우 서울시 모형에 비해 상대적으로 설명력이 낮은 것으로 분석되었는데 이러한 사실은 경기도 지역내 특성의 다양성에 기인한 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후 연구

수도권 내 권역별 혹은 시/군/구별로 고속도로에 대한 의존도(본 연구에서는 전체 승용차 통행량 중 고속도로를 이용하는 통행량의 비율로 정의)는 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 고속도로 이용 유무에 의한 통행시간의 차이정도로 대변되는 고속도로의 경쟁력 수준과 통행거리와 연계된 통행패턴에 기인하는 것으로 분석되었다.

고속도로에 대한 의존도가 높은 지역은 일반적으로 고속도로로의 연결성이 좋은 지역에 위치하고 있는 것으로 분석되었는데, 28.7%로 높은 고속도로 의존도 값을 보이는 서울시 영등포구 등이 이에 해당된다. 권역별로 비교해 볼 때 서울시 동남권의 의존도

〈표 6〉 인천시·경기도 회귀분석 결과

모형	인천시·경기도-I			인천시·경기도-II			인천시·경기도-III			인천시·경기도-IV		
	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값	계수	t값	P-값
상수	10.04	2.59	0.01	9.83	2.56	0.02	9.26	2.50	0.02	4.97	4.02	0.00
IC 개수	1.03	1.38	0.18	1.03	1.39	0.17	1.35	2.44	0.02	1.40	2.53	0.02
평균 통행시간차이	5.04	5.21	0.00	5.32	6.09	0.00	5.22	6.12	0.00	5.25	6.12	0.00
승용차 분담율	-0.18	-1.48	0.15	-0.12	-1.36	0.18	-0.11	-1.23	0.23			
고속도로 연장	0.03	0.75	0.46	0.03	0.65	0.52						
평균 통행거리	0.16	0.70	0.49									
결정계수	0.62			0.63			0.62			0.61		
수정된 결정계수	0.58			0.59			0.59			0.59		

인천시·경기도-I : IC 개수, 평균 통행시간차, 승용차 분담율, 연장, 평균 통행거리

인천시·경기도-II : IC 개수, 평균 통행시간차, 승용차 분담율, 연장

인천시·경기도-III : IC 개수, 평균 통행시간차, 승용차 분담율

인천시·경기도-IV : IC 개수, 평균 통행시간차

(20.7%)가 가장 높은 것으로 분석되어 이 지역이 고속도로를 중심으로 한 연계체계가 가장 발달한 것으로 판단되었다.

서울시, 경기도, 인천시를 지역별로 비교하면 서울시의 경우 잘 발달된 고속도로망으로 인해 높은 의존도를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 특히, 서울과 서울 외부 지역간 승용차 통행중 약 46%가 고속도로를 이용하고 있는 것으로 분석되어 도시공간구조 형성 측면에서 서울시를 연계하는 고속도로가 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. 이는 광역교통 측면에서 고속도로의 위상을 간접적으로 암시해주고 있는 것으로 판단되며, 대중교통 중심의 광역교통체계 구축을 위해서는 현재 수도권내 고속도로의 위상을 뛰어넘는 광역철도 혹은 광역버스 네트워크의 구축이 절실함을 시사하고 있는 것으로 보인다.

고속도로 의존도에 영향을 주는 요인에 대해 분석한 결과 서울시에서는 고속도로의 이용유무에 따른 평균 통행시간 차이가 영향을 주고 있었고, 인천시·경기도에서는 통행시간 차이 이외에도 접근성과 관련된 IC개수도 영향을 주고 있음을 파악할 수 있었다. 이러한 분석 결과는 결국 통행시간을 단축할 수 있는 경로가 선택되어질 가능성이 절대적으로 크다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 비록 대중교통망을 다루지는 않았지만 같은 맥락으로 고속의 대중교통망 구축이 대중교통에 대한 의존도를 높일 수 있음을 강력히 시사하고 있는

분석결과라고도 판단된다. 한편, IC 개수가 서울시에서는 고속도로 의존도에 크게 영향을 끼치지 않는 변수로 파악되었다는 사실은 추가적으로 진출입로를 설치한다고 해도 (최소한 서울시에서는) 운전자들에게 의미있는 편익을 가져다 주기에는 한계가 있음을 지적하는 것으로 해석될 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 수도권내 지역들의 고속도로에 대한 의존도를 수도권 기·종점(O/D) 통행량 자료를 기초로 통행배정 모형에 적용하여 산정하였다. 이는 현실적으로 각 지역별 통행자의 행태를 조사하기에는 한계가 있기 때문에 선택된 방법이다. 비록 분석된 결과 값은 실측된 결과가 아니라 모형을 통해 도출된 값이지만 최대한 실측자료 및 검증된 자료를 활용하였고, 수도권이라는 공간에서 고속도로가 통행에 미치는 역할을 공간단위로 집계화하여 분석하였다는데 본 연구의 의의를 두고자 한다.

본 연구에서는 타 수단(철도, 광역버스)을 고려한 복합적 관계 분석은 수행하지 못하였다. 그리고 통행패턴 특성 이외의 도시가 지닌 여러 특성을 분석대상에 포함시키지 못한 한계가 있다. 또한 시계열적 분석을 통해 도시공간구조 변화와 도시고속도로와의 영향관계를 좀더 심층적으로 분석하지 못한 한계점도 있다. 따라서 추후 연구에서는 이러한 측면들을 고려하여 다각적인 관점에서 고속도로와 공간구조와의 관계를 이해하려는 시도가 필요할 것으로 판단된다.

알림 : 본 연구는 서울시정개발연구원에서 수행하였던 “지속가능한 도시발전을 위한 서울시 공간구조의 개편전략” 연구 내용의 일부를 수정·보완하여 작성되었습니다.

참고문헌

1. 김성준(2008), “통행분포 특성을 반영한 고속도로 접근성 지표에 관한 연구”, 명지대학교 대학원 공학석사 학위논문.
2. 수도권교통본부(2009), “수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안”.
3. 신상영(2004), “토지이용과 자동차 의존성간의 관계: 서울시를 사례로”, 서울도시연구, 제5권 제1호, pp.71~93.
3. 한국개발연구원(2009), “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)”.
4. Hsin-Li Chang and Shun-Cheng Wu (2008), “Exploring the vehicle dependence behind mode choice: Evidence of motorcycle dependence in Taipei”, Transportation Research Part A 42, pp.307~320.
5. H. Li, R. Guensler and J. Ogle (2005), “Analysis of morning commute route choice patterns using global positioning system-based vehicle activity data”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1926, pp.162~170.
6. J. Ko, D. Park and S. Lee (2011), “Transit Ridership Evaluation Using Aggregate-Level Casual Analyses of Subway Mode Shares in Seoul, South Korea”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2219, pp.59~68.
7. K. Shon and J. Yun (2009), “Separation of Car-Dependent Commuters from Normal-Choice Riders in Mode-Choice Analysis”, Transportation 36, pp.423~436.
8. M. A. Abdel-Aty, R. Kitamura and P. P. Jovanis (1997), “Using Stated Preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers’ route choice”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 5, No. 1, pp.39~50.
9. Sharon Cullinane, Kevin Cullinane (2003), “Car dependence in a public transport dominated city: evidence from Hong Kong”, Transportation Research Part D 8, pp.129~138.
10. T. Yamamoto, S. Fujii, R. Kitamura and H. Yoshida (2000), “Analysis of time allocation, departure time, and route choice behavior under congestion pricing”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1725, pp.95~101.

- ✉ 주 작성자 : 고준호
- ✉ 교신저자 : 고준호
- ✉ 논문투고일 : 2011. 3. 9
- ✉ 논문심사일 : 2011. 4. 25 (1차)
2011. 7. 4 (2차)
2011. 7. 29 (3차)
2011. 8. 9 (4차)
- ✉ 심사판정일 : 2011. 8. 9
- ✉ 반론접수기한 : 2012. 4. 30
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필