

장래 자동차 주말통행 예측*

- 서울시 통행량 및 통행시간을 중심으로 -

김문현** · 박재희*** · 박시현*** · 이석영*** · Tsolmon Bayarsaikhan** · 김태형****

A prediction of future automobile trips on weekends

- focusing on trip generation and time in Seoul -

Moon-Hyun Kim** · Jae-Hee Park*** · Si-Hyun Park*** · Seuk-Young Lee*** ·
Tsolmon Bayarsaikhan** · Tae-Hyoung Tommy Gim****

요약 : 최근 저출산과 고령화에 따른 인구구조의 전환과 카셰어링 등장에 따른 주행환경의 변화가 통행행태에 미치는 영향에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 주 5일과 주 52시간 근무제의 영향으로 여가시간이 증가하면서 여가통행의 중요성이 부각되고 있다. 이러한 배경에서 개인의 통행행태와 미래사회의 변화를 고려하여 장래 통행수요를 예측하는 연구가 다수 존재하지만, 대부분 주중통행을 연구하는 데 그치고 있으며 주말통행에 관한 연구는 부족하다. 이 연구는 주말통행의 특성을 고려하여 미래사회 변화 시나리오에 따른 서울시 주말 자동차 통행발생량과 통행시간의 변화를 살펴보았다. 장래 변화는 크게 인구구조, 차량보유인식, 그리고 기술발전으로 구분하였다. 분석 결과, 총통행량에서는 자동차가, 총통행시간에서는 인구구조의 변화가 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 장기적으로 장거리 통행에 자동차 사용을 줄이고자 한다면 광역교통을 확충하고 공유경제를 활성화하여 단·중거리 수단 이용률을 높이는 정책이 적절하다. 지방정부는 그밖에도 고령화에 따른 자동차 의존도 감소와 취업수요 증가에 따른 자동차 통행 증가와 같이 각 시나리오에 따른 대응 정책을 수립하는 것이 바람직하다.

주제어 : 주말통행, 저출산, 고령화, 카셰어링, 자율주행

ABSTRACT : Korea has faced population structure change due to persistent fertility reduction and population aging and its driving environment has also been altering because of car sharing among others. How such changes would influence travel behavior is increasingly attracting academic interest. Meanwhile, leisure travel is particularly important in Korea as the 5-day and/or 52-hour workweek system allows for more time invested in personal leisure activities. Although numerous predictive studies exist on weekday travel with regard to future travel behavior and social changes, those on weekend trips are few. This study therefore looks into changes in automobile trip generation and travel time with a case of Seoul, based on scenarios that reflect the characteristics of weekend trips. Future changes are categorized into three dimensions: population structure, perception on automobile ownership, and technology. The largest influences are observed between the total trip generation volume and automobile ownership as well as the total travel time and population structure. The implications of the scenario analysis are that alternative regional transportation is desirable to reduce long-distance automobile trips and public policies to encourage the use of short-distance modes by facilitating the sharing economy. It is also recommended that local governments develop strategies to respond to each of the scenarios such as a lower automobile dependency in line with the population aging and a larger travel volume with an increasing job demand.

KeyWords : weekend trip, low fertility, aging, car sharing, self-driving

* 이 논문은 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1C1B1007433).

** 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 박사과정(Ph.D. Student, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University)

*** 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 석사과정(Master's Candidate, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University)

**** 서울대학교 환경대학원 및 협동과정 조경학 부교수, 환경계획연구소 부소장(Associate Professor, Graduate School of Environmental Studies and Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University and Associate Director, Environmental Planning Institute, Seoul National University), 교신지자(E-mail: taehyoung.gim@snu.ac.kr, Tel: 02-880-1459)

I. 서론

2004년 주5일 근무제도의 도입 이래로 개인의 여가시간이 늘어남에 따라 쇼핑과 휴양 등을 위한 비일상적인 통행이 꾸준히 증가해 왔다(서동환 외, 2011; 한국교통연구원, 2018). 이러한 경험으로 미뤄 볼 때, 2018년 7월부터 전면적으로 시행되는 주 52시간 근무제는 주말 여가생활의 질과 다양성에 상당한 영향을 미칠 것으로 보인다. 주말 여가생활을 위한 통행은 구체적으로 관광, 쇼핑, 친교, 오락, 휴식 등의 다양한 목적을 가진 비구조성, 비일상성의 특징을 지닌 통행을 일컫는다(장윤정·이승일, 2010; 서동환 외, 2011). 한편 지난 30여 년 동안 꾸준한 인구 증가 및 경제 성장으로 자동차보유대수 및 교통수요가 증가하면서 교통시설 입지에 대한 연구가 활발히 진행되었으며, 대부분의 교통정책과 계획의 우선순위는 주중통행을 해소하는 데 맞춰져 있었다(Badoe and Miller, 2000; Forsyth et al., 2007). 그러나 최근 들어 주말통행의 통행량 비중이 늘어나면서 오히려 주말통행을 먼저 고려해야 한다는 목소리가 높아지고 있다(오성호·류재영, 2007a; 2007b). 더욱이 압축개발을 위한 토지이용이 주말통행에 영향을 미친다는 사실이 발견되면서 주말통행을 위한 연구의 필요성은 한층 더 증대하고 있다(Gim, 2018).

이와 함께 저출산, 고령화 사회로 진입하며 급격하게 변화하는 인구구조와 4차 산업혁명으로 인한 산업시장의 변화 및 자율주행 자동차의 등장, 카풀링(car-pooling) 및 카셰어링(car-sharing) 시스템의 개발로 대변되는 자동차 보유인식의 변화로 인해 교통부문의 환경변화가 감지되고 있다. 주중통행의 경우 이러한 외부환경변화에 대응하기 위해 다양한 변수를 고려하여 교통수요를 예측하려는 연구가 활발한 편이다. 한국은 5년 단위로 가

구통행실태조사를 시행하고 이를 바탕으로 기준년도 및 장래 30년의 기종점통행량을 구축해 교통계획에 반영하고 있다. 이러한 조사를 통해 교통연구원(2016; 2017)에서는 인구구조 변화, 신교통물류 기술 실용화, 국토 공간구조 변화, 기후변화에 따른 온실가스 감축 규제 강화, 경제성장 시나리오 변화, 카셰어링 활성화 등 6가지 요인을 바탕으로 거시적 관점은 물론 지역, 인구계층, 가구구조 특성과 같은 미시적인 측면에서의 교통수요 변화를 예상하였다. 그러나 대부분 주중 교통수요를 예측하는 데 우선순위를 두고 있으며, 주말 통행에 대한 관심은 부족하다.

이러한 배경에서 이 연구는 서울시를 대상으로 주말의 통행수요와 통행시간을 예측하는 데에 목적을 두고 있다. 서울시는 과거 경제성장기에 폭발적으로 유입되는 인구와 교통수요를 뒷받침하기 위해 교통계획과 시설 확충에 상당한 노력을 기울였다. 그러나 이러한 압축적인 개발이 한계를 보임에 따라 수요관리로 초점을 전환시켜 왔는데, 장래 급변할 것으로 예상되는 교통 환경이 이에 어떠한 영향을 미칠지는 아직 충분히 논의되지 못한 측면이 있다. 이에 서울의 자동차 교통 수요변화를 예측하는 것은 매우 시급한 일이라고 볼 수 있다.

더불어 서울시는 미세먼지를 포함한 대기환경에 대한 인식이 날로 제고되고 있어 교통부문 중 특히 자동차 통행을 줄이기 위해 여러 가지 시도를 하고 있다. 이러한 차원에서도 주말통행은 주중통행에 비해 통행거리가 더 길고 자가용의 비중이 크기(류시균, 2014) 때문에 주말의 통행수요를 살펴보는 것은 중요한 함의를 제공할 수 있다.

이 연구에서는 먼저 통행발생량을 먼저 살펴보고자 한다. 통행발생량이 통행수요 4단계 중 첫 번째 단계로 통행수요를 정확하게 예측하기 위해 가장 중요한 단계이기 때문이다(장수는 외, 2000). 더불어 서울시와 같은 압축 개발된 도시에서는 통

행빈도보다 오히려 총통행시간/거리의 감소효과가 더욱 크게 나타나므로(Ewing and Cervero, 2001; 2010), 총통행시간의 장래 변화 추이도 함께 살펴 볼 것이다(총통행거리의 경우는 본고가 예측의 기반으로 삼는 가구통행실태조사에 미포함).

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

우리나라는 2001년 이래 합계출산율이 1.3 미만인 초저출산현상이 지속되고 있고, 2017년에는 1.052로 역대 최저치를 기록하였다. 통계청(2018)에 따르면 이러한 저출산의 영향으로 우리나라의 총인구수가 2030년 이후부터는 점차 감소할 것으로 예상된다. 이에 반해 고령인구의 비율은 계속 증가할 것으로 보인다. 빠른 수준의 고령화로 2000년 고령화사회(65세 이상 인구비중 7% 이상)가 된지 18년 만에 작년에는 비로소 고령사회에 진입하였으며(14% 이상), 2025년에는 초고령사회(20% 이상)에 속할 것으로 예상된다. 서울시는 특히 전국에서 합계출산율이 가장 낮은 지역으로 다른 도시들과의 격차가 점점 심해지고 있어 인구감소 및 고령화에 따른 급격한 인구구조의 변화가 전망된다. 연령에 따라 통행목적, 통행수단의 원단위, 통행발생 시간대 등이 상이하다는 것을 고려하면 향후 인구구조 변화에 따라 장래 통행량이 크게 변화하리라고 예상할 수 있다(한국교통연구원, 2016).

조종석 외(2010)는 2002년과 2006년 수도권 가구통행실태조사 자료를 활용하여 고령자 연령대별 통행 특성을 연구하였다. 분석결과 나이가 많을수록, 남성이 여성보다 많이 통행하고 운전면허를 가지고 있는 고령자가 더 자주 통행하는 특징이 나

타났다. 연구자들은 이를 바탕으로 고령화 시대에 대응하기 위해 고령인구의 편의성 및 접근성을 고려한 교통수단 제공, 고령 운전자를 위한 도로시스템 설계 및 교통안전 전략 수립, 고령자의 특성을 반영한 교통수요모형 구축 등을 제시하였다.

주5일 및 주52시간 근무제로 인해 여가시간이 늘어나면서 여가를 향유하며 삶의 질을 향상시키려는 형태로 생활 흐름이 변화하고 있다(장윤정, 2017). 이는 주말 여가 통행의 증가를 발생시킨다. 추상호(2012a)는 2006년 가구통행실태조사를 이용하여 서울시민은 주말에 승용차를 많이 이용하고 자동차를 이용한 쇼핑을 선호한다고 분석하였다. 이에 해당 연구에서는 주말 통행특성이 주중과 보이는 차이를 교통량 수요예측 및 정책에 반영해야 한다고 주장하였다. 김상수 외(2011)도 유사하게 2010년 가구통행실태조사를 이용하여 통행발생은 평일이 높지만, 총통행시간 및 총통행거리는 주말이 높아 요일별로 다른 특성을 나타낸다고 보고하였다.

주중 및 주말통행에서 승용차 이용률은 소득수준이 높고 동반자수가 많을수록 증가하는 경향이 나타난다(장재민·김태형, 2016). 특히, 주말에 발생하는 여가통행에서 승용차는 주요한 수단이다. 주진호 외(2013)는 자가용 승용차의 가구 그룹별 통행특성에 관한 연구를 통해 주말통행은 장거리 통행량이 많아 주중통행보다 시간과 거리가 길게 나타난다는 점을 도출하였다.

최근 자동차 통행에 영향을 미칠 것이라고 예상되는 다양한 변화가 감지되고 있다. 카셰어링과 같은 공유경제서비스의 등장으로 차량 보유 인식이 변화하면서 통행행태에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 김점산 외(2015)는 카셰어링 1대당 승용차 대체효과가 7.1~16.8대에 달한다고 예측하며, 사람들이 보유차량을 처분하거나 차량 구매를 연기할 뿐 아니라, 승용차 증가를 억제하면서 대중교통

활성화 등 긍정적인 변화를 가져올 수 있다고 주장하였다. 고준호(2014)는 서울시에서 운영하는 나눔카 서비스 효과를 이항 로지스틱 모형을 사용해 분석함으로써 나눔카 1대당 8.5대의 승용차 대체 및 보유 억제 효과가 발생한다는 결과를 보고하였다. 특히 나눔카 이용자 중 연령이 높고, 소득이 적으며, 1·2인 가구일수록 보유차량을 처분하는 경향이 두드러지는 것으로 나타났다. 해당 연구는 한편 나눔카의 활성화로 승용차 통행이 증가하고 대중교통과 택시 통행이 감소하는 부정적 효과에 대한 우려도 분석하였는데, 나눔카의 경우 비첨두시간에 주로 이용되고 그로 인해 발생하는 통행량은 전체의 0.02% 수준이기 때문에 교통체계에 미치는 영향이 미미한 수준일 것이라고 예상하였다.

가구 소득은 여가 통행과 밀접한 상관관계를 가진다. 추상호(2012a)에 따르면, 가구 월평균소득이 높을수록 주중뿐 아니라 주말에도 통행수가 증가한다. 최근 4차 산업혁명이 고용시장에 미치는 영향에 대해 다방면의 연구가 진행되고 있는 바, 통행빈도의 측면에서도 고용시장의 변화에 따른 통행량 변화를 예상할 수 있다. 고용노동부(2018)는 4차 산업혁명으로 인해 관련 산업이 발전하여 경제성장을 유도하고, 그로 인한 취업자 수 증가가 노동생산성 상승에 따른 취업자 수 감소를 압도할 것으로 전망하였다. 한편 오은주(2018)는 4차 산업혁명이 과거 산업혁명보다 더 광범위하게 모든 직종에서 고용 변화를 가져올 것으로 파악하였다. 인공지능의 발전으로 작업이 지능화되어 단순 노동뿐만 아니라 고급노동에도 고용충격이 있을 수 있기 때문이다. 그러나 고용의 변화는 직종별로 상이할 것으로 보인다. 박가열 외(2016)는 서울에 거주하는 취업자의 고용위험을 파악하기 위해 직업을 직무대체도와 직무대체속도를 기준으로 유형화한 결과, 48개 직종 중 25개가 고용위험을 덜 받는 저위험 직종으로 분류하였다. 특히 서울은 4차

산업혁명에 따른 취업률 감소가 심하지 않을 것으로 전망되었다.

이상에서 살핀 미래 사회변화를 바탕으로 다음 장에서는 주말 자동차 통행발생량 및 통행시간에 영향을 미치는 다양한 전망을 고려하여 복수의 보수 및 진보 시나리오를 구성하고 장래 통행 추이를 살펴볼 것이다. 더불어 장래 주말 통행에 대한 예측을 기반으로 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 예측방법론 및 변수설정

1. 예측방법론

1) 예측모형

이 연구의 종속변수는 2006년과 2010년의 서울시 행정동/교통분석존(traffic analysis zone: TAZ)별 자동차 통행발생량과 통행시간이다. 분석 자료로는 가구통행실태 주말 조사자료 중 서울시 표본을 사용하였다. TAZ는 2006년 522개 행정동과 2010년 424개 행정동을 통합한 946개 동 중 2006년 가구통행실태조사 사회경제지표에서 인구 자료가 누락된 잠실2동을 제외하여 총 945개 행정동을 분석에 사용하였다. 통행발생량/통행시간은 원단위 값을 산출하고 TAZ별 실제 값을 추정하였다. 이렇게 산출한 자동차 통행발생량은 정수 값을 가지는 변수이며 이산분포하는 가산자료로 구성된다. 이에 해당 자료 분석에 적합한 포아송류 회귀분석(Poisson-family regression)을 고려하였다. 자료 검증 결과 평균과 분산이 동일해야 한다는 포아송 회귀모형의 가정을 위배하며, 샘플의 한계로 통행량이 0인 행정동이 발생하여 최종적으로 영과

잉 음이항(zero-inflated negative binomial) 회귀모형을 선택하였다. 통행량과 달리 통행시간의 경우는 연속형 자료이다. 이에 통행량이 0인 행정동을 삭제하고 자연로그를 취하여 정규분포를 것을 확인하고, OLS의 기타 가정을 저해하는 이상치를 제거한 후 OLS 회귀분석을 사용하였다.

자료는 무작위로 나누어 일부는 모형을 개발하고, 나머지는 모형을 검증하는 방법을 사용하였다(Chang et al., 2014; Golshani et al., 2018). 총 945개 행정동 중 50%인 473개 행정동은 모형을 개발하는데 사용하고, 나머지 472개 행정동은 모형 검증에 활용하였다. 이를 통해 예측값과 관찰값의 오차율을 산출하여 모형의 정확성을 확인하였다.

2) 시나리오 설정

이 연구는 서울시 장래 통행발생량 추정에 있어 각 변수의 추이를 2020년부터 2040년까지 구축하여 그 값을 사용하였다. 시나리오는 나중에 살펴볼 것처럼 총 8개로 구성되는데 크게 보수와 진보로 나눌 수 있다. 보수 시나리오는 현재의 추세에서 많이 벗어나지 않고 통상적으로 예측되는 범위 내에서의 미래변화를 의미한다. 진보 시나리오는 보다 급진적인 혹은 현재의 추세와 상반되는 변화가 일어날 것이라고 전망한 경우를 기반으로 하는 시나리오를 말한다. 본고는 인구구조 변화, 차량 보유인식 변화, 기술 변화와 건조환경 변화를 변수로 추출하여 시나리오 분석의 정확도를 제고하였다.

2. 변수 설정

1) 인구구조 변화

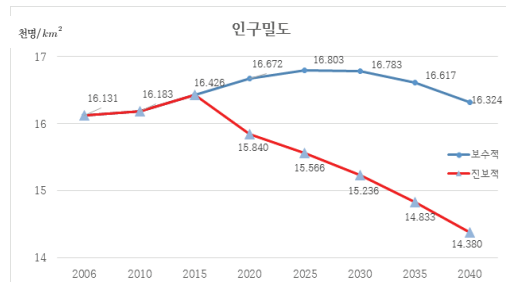
인구구조의 변화는 행정동별 인구밀도, 미취학 아동비율, 고령인구비율, 1인가구밀도를 기준으로

추정하였다. 인구구조의 변화를 파악하는 데에는 통계청에서 제공하는 장래추계인구의 중위 및 저위 시나리오를 사용하였다. 보수 시나리오에는 중위시나리오를 바탕으로 예측한 2010 가구통행실태조사 사회경제지표자료를 사용하고, 진보 시나리오에는 저위시나리오를 사용하였다.

(1) 인구

통행수단 이용자의 특성은 교통수요에 절대적인 영향을 미치는 변수로서 인구특성과 자동차등록대수를 빈번히 사용한다(한국교통연구원, 2016). 그중 인구는 대다수 사회·경제지표의 기준일뿐만 아니라 교통수요에 직접적인 영향을 미치기 때문에 장래 교통수요 예측 시 통상적으로 고려된다(수도권교통본부, 2012).

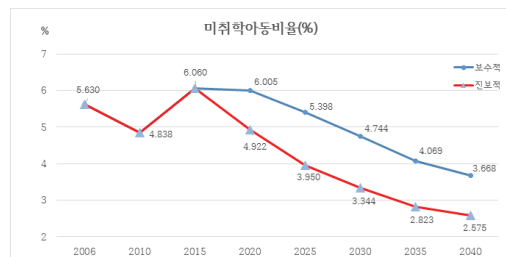
〈그림 1〉 장래 인구밀도 추이



(2) 미취학아동

미취학 아동은 만 6세 미만의 아동을 일컫는 것으로서 이들은 단독으로 이동할 수 없고 양육자와 함께 통행하기 때문에 가구구조를 고려하여 통행

〈그림 2〉 장래 미취학아동비율 추이



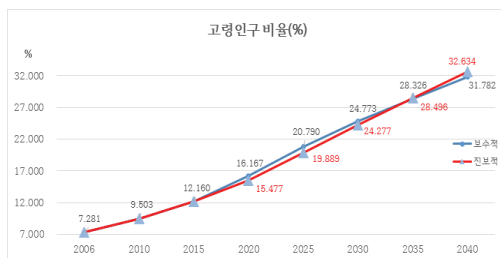
특성을 분석하는 연구에서는 우선해서 사용되는 변수이다. 기존 연구를 살펴보면, 쇼핑이나 여가활동 시 미취학 아동이 있는 경우 대중교통보다는 승용차나 택시를 선호하는 경향이 나타난다(추상호, 2012b; Gim, 2018).

(3) 고령인구

출생률 감소 및 평균수명 증가로 고령인구의 비율은 점차 늘어날 것으로 전망되는데, 이로 인해 교통수요의 총량은 감소할 것으로 예상된다(한국교통연구원, 2016). 이는 고령자가 비고령자에 비해 적게 통행하기 때문이다. 실제로 10~64세의 연령대는 1인당 2.3 이상의 통행발생을 보인 반면, 65~69세의 연령대는 2.0 미만, 85세 이상의 연령대는 0.29의 극히 낮은 통행 발생률을 보이는 것으로 보고된 바 있다(이신해, 2005). 한편, 고령자는 비고령자에 비해 5km 이상 이동하는 비율이 낮아(추상호 외, 2013) 총통행거리 역시 감소할 것으로 예상된다. 교통수단과 관련해서는 고령화가 진행될수록 버스나 지하철과 같은 대중교통의 이용 수요가 증가하고 승용차 통행량은 감소할 것으로 예측된다(마강래·윤영호, 2009; 한국교통연구원, 2016).

〈그림 3〉에서 보는 것처럼 보수 및 진보 시나리오가 거의 차이를 보이지 않는데, 이는 보수 시나리오에서의 고령인구 증가가 진보 시나리오에서 적용한 출생률 저하, 인구 감소 및 고령인구 증가

〈그림 3〉 장래 고령인구비율 추이

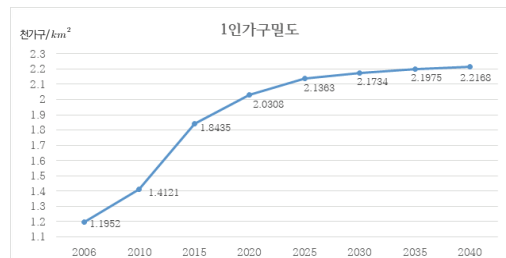


추세의 영향을 상쇄할 만큼 급격한 변화를 보이기 때문이다.

(4) 1인가구

1인가구의 증가는 장래 인구구조의 변화를 특징하는 변수로 꼽힌다. 서울연구원(2015)에 의하면 1인가구는 연구에 따라 단독가구, 독거가구, 독신가구 등의 용어와 혼용되어 사용되어 온 경향이 있는데, 2000년 이전에는 단독가구란 용어가 주로 사용되어 오다가 비교적 최근의 연구에서는 1인가구라는 용어가 선호되고 있다. 통계청의 정의를 보면 1인가구란 1인이 독립적으로 취사, 취침 등 생계를 유지하고 있는 가구를 의미한다. 한국교통연구원(2016)은 1인가구가 증가함에 따라 자동차등록대수가 증가하여 승용차 통행이 증가할 것으로 예측하였다.

〈그림 4〉 장래 1인가구밀도 추이



2) 인식 변화

(1) 자동차 등록대수

자동차 등록대수는 다수 국가 교통정책연구에서 통행수단의 이용주체 및 자동차 통행량을 나타내는 주요 지표로 사용되고 있다. 일반적으로 자동차 등록대수가 증가할수록 교통량 역시 증가하는 경향을 보인다.

장래 자동차 수 예측 자료는 2010년 가구통행실태조사를 바탕으로 작성된 사회경제지표를 사용하였다. 자가용 승용차 등록대수는 서울시 전체적

으로 2006년 213만대에서 2040년 333만대까지 지속적으로 증가추세를 보인다. 인구수가 2025년을 기점으로 감소추세를 보임에도 불구하고 자가용 승용차 등록대수가 지속적인 증가추세를 보이는 것은 1·2인 가구 수의 증가, 운전면허 소지자의 증가 등의 요인으로 설명될 수 있다(한국교통연구원, 2016). 이 논문에서는 이를 자동차밀도의 보수 시나리오로 반영하였다. 자동차밀도는 행정동 단위면적당 자동차 등록대수를 의미한다.

(2) 카셰어링

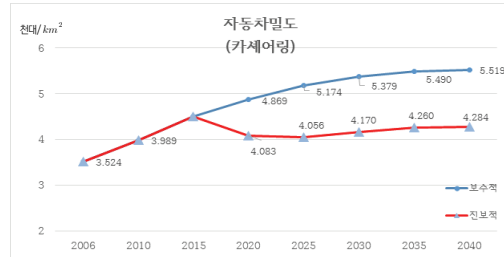
카셰어링은 교통부문의 대표 공유경제 서비스 중 하나로 자동차를 시간 단위로 대여하는 서비스를 일컫는다. 보통 장거리 통행을 위한 대중교통, 단거리 통행을 위한 택시와 달리 중거리 통행에서 이동유연성이 필요할 때 적합한 것으로 알려져 있다(한국교통연구원, 2014).

이 연구에서는 선행연구를 바탕으로 카셰어링 서비스를 이용하는 회원이 증가함에 따른 통행량 감소를 계산하여 장래 자동차통행량을 추계하였다. 이를 위해 서울시 나뉠카의 2013년부터 2018년까지의 회원수 증가 자료를 통해 장래 회원수를 추정하고, 고준호(2014)의 연구에서 사용한 대로 회원수 증가에 따른 자동차 감소 대수를 추정하였다. 회원수 추계에는 추세연장법 중 하나인 고펜퍼츠(Gompertz) 곡선식을 사용하였다.

한편 카셰어링과 같은 자동차 공유경제 서비스는 소비자의 자동차 보유 인식에 변화를 일으킨다. 굳이 자동차를 소유하지 않아도 쉽게 이용할 수 있기 때문이다. 고준호(2014)에 따르면 서울시의 나뉠카 1대가 약 8.5대 차량의 대체 및 보유 억제에 기여하는 것으로 나타난다. 이에 본 논문에서는 카셰어링에 의해 자동차대수가 감소할 것이라고 전제하고, 이를 진보 시나리오로 채택하였다. 다만, 보수 시나리오로서 카셰어링이 활성화되면 자동차

사용이 용이해져 자동차통행량을 증가시킬 수 있으나, 이를 적용할만한 선행연구가 부재하여 반영하지 못하였다는 점이 한계로 지적된다.

〈그림 5〉 장래 자동차밀도 추이



3) 기술 변화

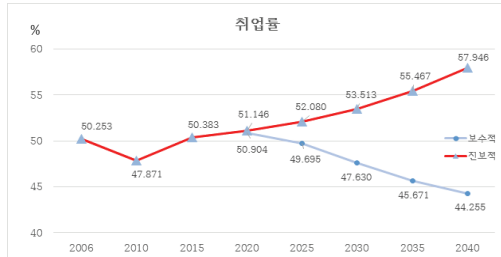
(1) 취업률

고용노동부(2017)에 따르면 15~64세 생산가능 인구가 2018년을 기점으로 큰 폭으로 감소하기 시작할 것으로 보인다. 저출산·고령화의 영향으로 60세 이상 인구 및 생산가능 인구는 증가하지만 40대 이하 인구가 큰 폭으로 줄어드는 것이 특징이다. 인구학적 변화와 더불어 실질적으로 취업자 수에 영향을 미치는 경제활동인구도 변화가 예상된다. 은퇴시기가 연장되고, 여성의 노동시장 참여가 증가하면서 경제활동참가율이 약 1.5%p 증가하리라 예상된다. 그러나 앞서 설명한 저출산·고령화의 영향으로 증가폭은 점차 둔화될 것이다.

앞서 살펴보았듯이 취업자 수는 인구구조 변화와 산업별 고용구조의 변화가 상당한 영향을 미친다. 그러나 현재 수도권교통본부에서 구축하는 장래 OD 자료는 인구구조의 변화에 따른 취업자 수만 예측에 반영하고 있다. 이에 산업별 고용구조의 변화를 반영하기 위해 고용노동부(2018)의 자료를 사용하였다. 이 연구에서는 이를 바탕으로 2010년 가구통행실태조사 사회경제지표의 취업자 수 자료를 보수 시나리오로 설정하고, 고용노동부(2018) 자료에 따른 취업자 수 증가율을 진보 시나리오에

반영하였다.

〈그림 6〉 장래 취업률 추이



(2) 자율주행차

자율주행차는 스스로 주변 환경을 인식하고 위험을 판단하며, 주행 경로를 계획하여 운전 중 운전자가 가속이나 조향 제동에 전혀 관여하지 않고도 스스로 주행이 가능한 자동차를 말한다(미래창조과학부, 2017). 자율주행차가 상용화되면 개인 통행 편의성이 제고되어 자동차 통행수요를 더하는 효과가 나타날 것으로 보인다. 왜냐하면 고령화로 인한 의존통행이 증가하여 자동차 통행이 감소하는 효과를 상쇄하는 것은 물론 장애인 등과 같이 현재의 시스템에서 운전을 할 수 없는 인구의 이동성이 높아지기 때문이다.

한편 일각에서는 자율주행차의 공유 가능성을 근거로 적은 수의 차량에도 동일한 수요에 대응이 가능해 결국 전체 차량 수가 감소할 것이라고 예측하기도 한다(BCG, 2016). 이와 같이 자율주행차 보급에 따른 예측을 인식하고 대응하기 위해 각종 시나리오별로 통행수요 변화를 예측하는 것이 필요하겠다.

자율주행차로 인한 장래 교통수요를 예측하기 위해 기존 연구내용을 바탕으로 통행량을 계산하였다. 먼저 보수 시나리오 작성을 위해 통행량 증가를 예상한 연구로서 한국교통연구원(2016)의 분석결과를 이용하였다. 이 연구는 정부에서 목표한 바와 같이 2020년에 자율주행차를 상용화하여

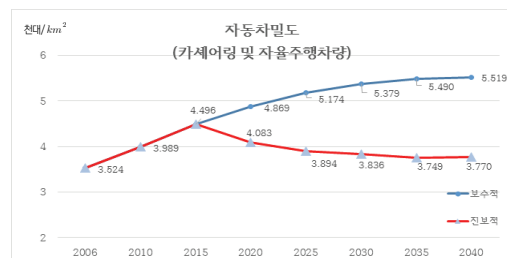
2050년에는 자율주행차량이 전체 차량의 50%까지 도입된다고 주장하였다. 이에 따른 승용차 통행량의 증가율은 〈표 1〉과 같으며, 이를 보수시나리오의 자동차통행량에 반영하였다.

〈표 1〉 장래 자율주행차량 및 통행량 증가율

| 장래연차 | 자율주행차량 증가율 | 승용차 통행량 증가율 |
|------|------------|-------------|
| 2025 | 1.957 | 0.126 |
| 2030 | 2.084 | 0.127 |
| 2035 | 2.159 | 0.127 |
| 2040 | 2.212 | 0.128 |

자동차 차량수의 감소를 예측하는 진보 시나리오에는 BCG(2016)의 연구보고서를 사용하였다. 이 보고서는 2020년부터 자율주행차 보급이 시작되어 2030년에는 자동차 보유대수가 8% 감소할 것이라고 전망하였다. 본고는 보고서와 일관되도록 감소량을 2025년 4%, 2035년 12%, 2040년 16%로 상정하였다.

〈그림 7〉 장래 자동차밀도 추이



4) 건조환경 변화

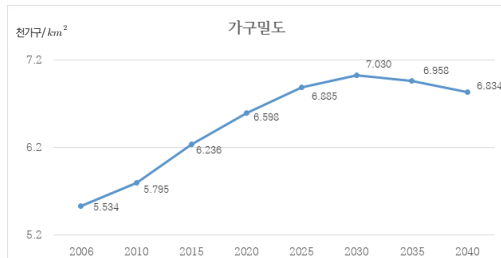
주말통행에 영향을 미치는 압축적 도시개발의 요소로서 가구밀도와 대중교통 인접성을 고려할 수 있다. 대중교통 인접성은 통행량, 교통수단분담률 등과 관련된 연구에서 자주 활용되는 변수로서 인접성이 증가할수록 대중교통수단을 선택할 확률이 높아져 결과적으로 승용차의 통행량을 낮추게 된다(성현곤·추상호, 2010; 장성만·안영수·이승

일, 2011). 특히, 주중통행 뿐만 아니라 쇼핑통행에서도 유사한 결과가 나타나(고은정·이경환, 2013) 대중교통 인접성이 장래 주말통행량에 상당한 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있다.

(1) 가구밀도

가구밀도는 2010년 가구통행실태조사 사회경제지표를 활용하여 행정동 단위면적당 가구수를 산출하였다. 서울시 전체 가구는 2030년까지 증가하다가, 이후 감소추세를 보인다. 2025년을 기점으로 인구가 감소하는 것과 달리, 가구는 2030년까지 계속 증가하는데, 이는 1·2인가구 증가에 따른 영향으로 보인다. 2030년 1·2인가구의 가구 분담비율은 65.7%에 이를 것으로 예상된다(한국교통연구원, 2013; 2016).

〈그림 8〉 장래 가구밀도 추이



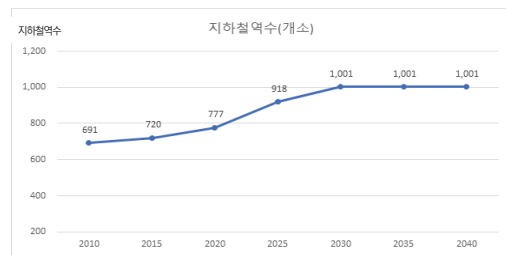
(2) 지하철 인접성(행정동 반경 1km)

지하철 인접성은 지하철역 밀도로 정의하였는데, 평가에는 행정안전부 도로명주소 배경지도의 전철 GIS 자료(2006, 2010년)를 활용하여 행정동 단위면적당 지하철역수로 계산하였다. 선행연구에서 지하철밀도를 단위면적당 지하철역수(개소/km²)로 조작화한 바 있다(성현곤·추상호, 2010; 서민호·김세용, 2011). 그러나 이 연구는 도보 접근 가능성에 따라 대중교통 이용률이 달라질 수 있음을 고려하여 행정동 경계를 기준으로 반경 1km 내 지하철역수를 측정하였다. 2015년 이후의 지하

철밀도는 서울특별시(2015)를 참고하여 2026년까지 신설 예정인 역의 GIS 자료를 생성한 후 데이터를 구축하였다.

통행빈도의 측면에서 대중교통 인접성이 증가할수록 승용차의 통행량이 낮아지기 때문에 지하철밀도가 높을수록 승용차 통행량이 감소할 것으로 예상된다.

〈그림 9〉 장래 지하철역수 추이



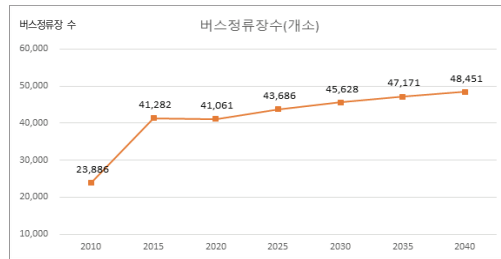
(3) 버스정류장 인접성(행정동 반경 500m)

버스 인접성은 지하철 인접성 변수와 동일하게 도보 접근 가능성을 고려하기 위하여 행정동 경계를 기준으로 일정 반경 내 버스정류장 수를 측정하였다. 여기에는 서울시청 교통정보과에서 제공하는 버스정류장 위치 좌표 데이터를 사용하였다. 이때 버스가 지하철에 비해 서비스 권역이 작은 것을 고려하여(장성만·안영수·이승일, 2011), 지하철밀도에서는 행정동 반경 1km를 사용한 데에 반해 버스정류장밀도 측정에는 행정동 반경 500m를 기준으로 삼았다.

장래 버스정류장 수는 서울시에서 관리하는 별도의 계획이 존재하지 않아 과거추세연장법(trend extrapolation)을 사용하여 추정하였다. 자치구별 버스정류장 수 추세를 파악한 후, 2010년과 2015년 동별 버스정류장 수 백분율의 평균값을 적용하여 배분하는 방식으로 예측하였다. 추세연장법은 모형의 설명력이 가장 높은 로그식을 사용하였다. 다만, 물리적인 제약이 있음에도 추세를 이용하여

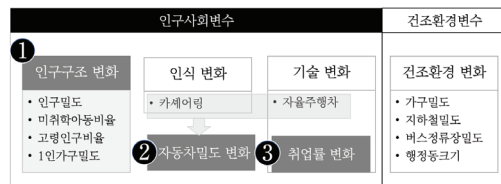
예측한 자료를 사용하는 것은 연구의 한계라고 볼 수 있다. 버스정류장밀도 역시 지하철역 밀도와 마찬가지로 승용차 통행량과 부(-)의 관계를 가지는 것으로 상정된다.

〈그림 10〉 장래 버스정류장 수 추이



〈그림 11〉은 이 연구에서 사용하는 모든 변수를 보여준다.

〈그림 11〉 변수 요약



참고: ①, ②, ③은 보수 및 정보 시나리오가 설정된 변수

IV. 분석결과

1. 기초통계

〈표 2〉는 이 연구에서 사용한 변수의 기술통계를 보여준다. 종속변수는 2006년과 2010년의 교통분석존을 단위로 당해연도 가구통행실태조사에서 주거지 출발 자동차 통행발생량 및 통행시간을 추출하였다.

통행발생량과 시간의 최솟값이 0으로 나타난 행정동은 표본에서 주거지 출발 자동차 통행이 나타나지 않았음을 의미한다. 통행발생량은 가산자료 모형을 사용하기 때문에 종속변수가 0인 경우 문제가 되지 않지만 통행시간은 정규성 만족을 위해 자연로그를 취하므로 통행시간이 0으로 나타난 행정동은 분석에서 제외하였다. 눈여겨 볼 것으로 이 연구를 위해 사용한 모든 변수는 변이가 충분하여 추리통계에 사용되기 적합한 것으로 보인다.

〈표 2〉 기초통계

| 변수(단위) | 표본크기 | 평균 | 표준편차 | 최솟값 | 최댓값 |
|------------------------------|------|-----------|----------|--------|--------|
| 종속변수 | | | | | |
| 시간(자연로그) | 945 | 5.303 | 0.823 | 0 | 6.27 |
| 통행발생량 | 945 | 11,639.72 | 7,457.08 | 0 | 56,950 |
| 설명변수: 인구사회 | | | | | |
| 인구밀도(자연로그, 천명/ km^2) | 945 | 1.296 | 0.338 | -1.028 | 1.833 |
| 미취학아동비율(자연로그) | 945 | 0.692 | 0.124 | -0.27 | 1.044 |
| 고령인구비율(자연로그) | 945 | 0.922 | 0.123 | -0.182 | 1.257 |
| 1인가구비율(자연로그) | 945 | 1.318 | 0.175 | -0.638 | 1.857 |
| 자동차밀도(자연로그, 천대/ km^2) | 945 | 0.757 | 0.304 | -0.762 | 1.378 |
| 취업률(자연로그) | 945 | 1.693 | 0.068 | 0.663 | 2.942 |
| 설명변수: 건조환경 | | | | | |
| 가구밀도(천가구/ km^2) | 945 | 8.842 | 4.669 | 0.124 | 24.738 |
| 지하철밀도: 반경 1km(개/ km^2) | 945 | 7.113 | 6.322 | 0 | 39.13 |
| 버스정류장밀도: 반경 500m(개/ km^2) | 945 | 65.995 | 42.548 | 2.927 | 357.14 |
| 행정동 크기(km^2) | 945 | 1.28 | 1.503 | 0.14 | 12.69 |

〈표 3〉 통행발생량 영향인 음이향 회귀모형 및 통행시간 선형 회귀모형

| 변수 | | 모형1(ZINB): 총통행발생량 | 모형2(OLS): 총통행시간(자연로그) |
|---------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| | | 계수(괄호 안은 표준오차) | 계수(괄호 안은 표준오차) |
| 인구사회 | 인구밀도(자연로그) | 1.507*** (0.195) | 0.779*** (0.117) |
| | 미취학아동비율(자연로그) | 0.747*** (0.189) | 0.252** (0.116) |
| | 고령인구비율(자연로그) | -1.115*** (0.211) | -0.572*** (0.126) |
| | 1인가구비율(자연로그) | -0.266** (0.134) | 0.064 (0.082) |
| | 자동차밀도(자연로그) | 0.792*** (0.175) | 0.191* (0.104) |
| | 취업률(자연로그) | 1.693*** (0.453) | -0.413 (0.281) |
| 건조환경 | 가구밀도 | -0.053*** (0.009) | -0.023*** (0.006) |
| | 지하철밀도(반경 1km) | -0.037*** (0.004) | -0.013*** (0.002) |
| | 버스정류장밀도(반경 500m) | -0.001** (0.001) | -0.001*** (0.0004) |
| | 행정동크기 | 0.268*** (0.027) | 0.097*** (0.014) |
| 상수 | | 5.155*** (0.848) | 5.457*** (0.523) |
| 관측수 | | 473 | 461 |
| R2 | | | 0.435 |
| Adjusted R2 | | | 0.423 |
| Log Likelihood | | -4569.112 | |
| Residual Std. Error | | | 0.252 (df = 450) |
| F Statistic | | | 34.662*** (df = 10; 450) |
| AIC | | 9184.223 | 50.723 |
| 오차율 | | 1.748 | 0.676 |

* p < 0.1; ** p < 0.05; *** p < 0.01

2. 통행발생량 및 통행시간 분석결과

통행발생량 분석결과, 모든 변수가 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 먼저 인구사회변수에서 인구와 자동차밀도가 증가할수록 자동차 통행량이 늘어나는 것은 자연스러운 결과이다. 미취학아동의 경우, 미취학아동이 혼자 통행할 수 없으

므로 부모의 동행이 필수적이고, 이때 대중교통을 이용하기 보다는 자동차를 이용하는 경향(추상호, 2012b; Gim, 2018)이 있기 때문에 자동차 통행량과 양(+)의 관계를 가진다고 볼 수 있다. 경제수준/소득의 대리변수로 볼 수 있는 취업률도 통행발생에 긍정적 영향을 미쳤다. 즉, 취업률이 증가함에 따라 가구의 월평균소득이 증가하면 통행량

이 증가한다고 해석할 수 있다. 추상호(2012a)도 가구 월평균소득이 높을수록 평일과 주말 모두 통행수가 증가한다고 보고하였다.

고령인구와 1인가구는 자동차 통행량과 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타난다. 고령인구는 자동차를 운전하기보다는 대중교통을 이용하는 의존통행을 하며, 특히 대도시에서 이러한 경향이 두드러지게 나타난다(한국교통연구원, 2016). 이러한 이유로 계수가 음의 값을 가지는 것으로 나타났다. 마찬가지로 1인가구비율도 통행발생량을 낮추는 영향을 미쳤지만 강도는 상대적으로 약하게 도출되었다. 이와 유사하게 교통연구원(2017)은 2016년 가구통행실태조사 자료를 분석하여 1인가구는 승용차보다 대중교통, 도보, 자전거 등의 기타 수단의 이용률이 더 높으며 승용차는 전체 평균에 비해 77.0%인 것으로 보고하면서 1인가구가 통행발생량에 미치는 영향은 총인구가 미치는 영향에 비해 다소 미미할 것으로 예상하였다. 이 연구자료인 2006년과 2010년의 주말통행에 있어서도 동일한 결과를 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

건조환경 변수의 경우 행정동 크기를 제외하고는 모두 통행발생량에 부의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 먼저 가구밀도가 높을수록 자동차 통행량이 감소하는 결과가 도출되었다. 가구밀도는 인구밀도의 결과와 반대로 나타나는데, 이는 가구밀도와 인구밀도가 서로 통제하고 있기 때문으로 볼 수 있으므로 볼 수 있다. 즉, 동일한 인구밀도에서 가구밀도가 증가할수록 자동차통행량이 감소한다고 해석해야 하는데, 이것은 가구의 거주면적이 작을수록 자동차통행량이 감소한다는 것을 의미한다. 일반적으로 가구의 거주면적이 작을수록 경제적 수준이 낮다고 볼 수 있으므로 이는 선행연구의 결과(장재민·김태형, 2016)를 지지하는 결과이다. 지하철과 버스는 대표적인 대중교통수단으로 자동차 통행 감소에 영향을 미치는 대안수단으로서 영향

을 미쳤다.

통행시간은 변수들과의 관계에 있어 대부분 통행발생량과 비슷한 결과를 보였다. 그러나 1인가구비율과 취업률은 유의하지 않았다(변수의 방향도 반대로 나타남). 마지막으로 모형 검증 결과 통행발생량의 오차율은 1.75%, 통행시간의 오차율은 0.68%로 상당히 정확하게 예측하였음을 알 수 있다. 따라서 해당 모형을 장래 예측에 사용해도 적절한 것으로 판단하였다.

3. 시나리오별 장래 자동차 통행발생량 및 통행시간

앞서 도출한 예측모형을 기반으로 장래 자동차 통행발생량 및 통행시간 추이를 살펴보기 위하여 인구구조 변화(인구, 미취학아동, 고령인구, 1인가구), 자동차 수 변화(자동차 수, 카셰어링, 자율주행차), 취업률의 변화에 따른 보수 및 진보 시나리오를 개발하였다(근거는 앞의 “2. 변수설정”에서 도출). <표 4>는 인구구조 변화를 중심으로 하는 총 8가지 시나리오를 나타내며, 시나리오별 결과는 <그림 12>와 같다. 아래에서는 시나리오를 해석할 때 통행의 주체인 인구구조의 변화를 중심으로 나타나는 변화를 살피고자 한다.

<표 4> 시나리오

| 시나리오 | 인구구조 변화 | 자동차 수 변화 | 취업률 변화 | 통행발생량 순위 | 통행시간 순위 |
|------|---------|----------|--------|----------|---------|
| I | 보수 | 보수 | 보수 | 2 | 1 |
| II | 보수 | 진보 | 보수 | 6 | 2 |
| III | 보수 | 보수 | 진보 | 1 | 3 |
| IV | 보수 | 진보 | 진보 | 4 | 4 |
| V | 진보 | 진보 | 진보 | 7 | 8 |
| VI | 진보 | 보수 | 진보 | 3 | 7 |
| VII | 진보 | 진보 | 보수 | 8 | 6 |
| VIII | 진보 | 보수 | 보수 | 5 | 5 |

1) 총통행발생량 변화

이 연구에서 설정한 시나리오에 따르면 <그림 12>와 같이 어떠한 경우라도 장래 통행발생량은 지속 감소할 것으로 보인다. 인구구조, 자동차 밀도 및 취업률이 현재까지의 추세와 비슷하게 유지할 것이라고 가정하는 기본 시나리오인 시나리오 I이 장래 통행발생량 순위에서 두 번째를 차지하였다. 우선 자동차밀도를 진보 시나리오로 반영하면(시나리오 II) 시나리오 I에 비해 통행량이 줄어드는 것을 확인할 수 있다(2020년 -5.9%, 2025년 -19.5%, 2030년 -21%, 2035년 -22.2%, 2040년 -22.3%). 자동차밀도의 진보 시나리오는 카셰어링이 확산되고 자율주행차량이 성공적으로 도입되면서 서울시의 자동차 보유대수가 줄어들어 자동차 통행량이 줄어드는 변화가 나타날 것으로 예측되었다. 그러나 자동차밀도의 경우 시간이 지남에 따라 그 차이가 현격히 줄어드는 것을 확인할 수 있는데, 이는 카셰어링과 자율주행차량을 통해 감소하는 자동차보유대수에 한계가 있음을 보여주는 것이다. 즉, 이 연구에서 가정한 바와 같이 카셰어링과 자율주행차량이 성공적으로 도입되면 단기적으로는 자동차를 대체하여 통행량을 크게 줄이는 역할을 하지만 그 이상 대체하는 데 한계가 있다는 점을 짐작할 수 있다.

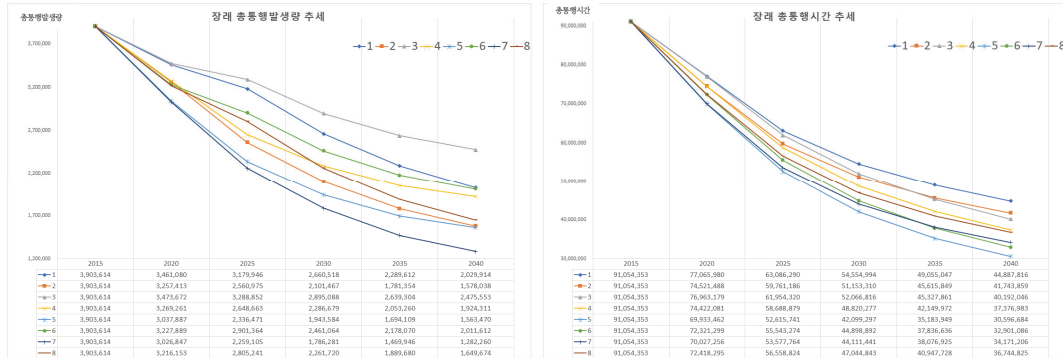
그와는 달리 취업률을 진보 시나리오로 반영할 경우(시나리오 III) 기본 시나리오에 비해 통행량이 증가하는 것으로 나타났다(2020년 0.4%, 2025년 3.4%, 2030년 8.8%, 2035년 15.3%, 2040년 22%). 이 연구에서 적용한 모든 시나리오 중 통행발생량이 가장 높은 것이다. 이러한 결과는 4차 산업혁명으로 인해 취업률이 증가하면서 주말 통근통행이 증가하고 가계소득이 상승하여 자동차를 이용한 주말 여가 통행이 증가하기 때문으로 볼 수 있다. 특히, 서울시는 4차 산업혁명으로 인한 일자리 감소 영향이 적을 것이라고 예상되므로(박가열

외, 2016), 취업률 상승에 따른 통행량 증가에 적절히 대비해야 할 것이다.

한편 카셰어링과 같은 공유경제가 활성화되고 자율주행차가 성공적으로 도입되며 동시에 기술의 발전으로 새로운 일자리가 창출되어 취업률이 상승하게 되면 시나리오 IV에 해당하는 통행량 변화가 나타날 것으로 예견된다. 카셰어링과 자율주행차의 확산은 자동차를 대체함으로써 통행량을 줄이는 반면, 취업률의 증가는 가계소득을 상승시켜 자동차를 이용한 여가 통행을 증가시킨다는 설정이다. 이 경우 통합적으로 시나리오 I에 비해 통행량이 감소한다(2020년 -5.5%, 2025년 -16.7%, 2030년 -14.1%, 2035년 -10.3%, 2040년 -5.2%). 흥미로운 것은 2025년에 16.7%까지 줄어드는 통행량이 이후로는 점차 기본 시나리오와 차이가 무의미해진다는 점이다. 카셰어링과 자율주행차의 활성화로 운행효율이 늘어남에 따라 기존의 자동차를 처분하거나 심지어 구매를 억제시켜 자동차 수가 줄어들 것으로 보인다. 그러나 카셰어링과 자율주행차량으로 감소되는 자동차 수에는 한계가 있으므로, 통행빈도에 미치는 영향력이 시간이 갈수록 줄어들어 차량 감소에 따른 효과에 한계를 발생시킬 것이다. 심지어 이 연구에서는 검토하지 않았지만 자율주행차량 도입에 따라 이동이 편리해져 교통수요가 오히려 늘어날다는 예측도 있다(장필성 외, 2018). 그렇다면 따라서 카셰어링과 자율주행차량 외에 통행을 줄일 수 있는 대체 교통수단을 개발하는 것이 필요하다. 일반적으로 주말의 여가통행은 주중통행에 비해 장거리 통행을 하는 것으로 알려져 있고(김상수 외, 2011; 류시균, 2014), 자율주행차량은 중장거리 통행에서 이용량이 많을 것으로 예측되므로(한국교통연구원, 2017) 편리한 광역교통수단의 개발이 통행빈도 감소에 중추적 역할을 담당할 수 있을 것이다.

인구구조의 저위 시나리오를 바탕으로 한 변화

〈그림 12〉 장래 총통행발생량 및 통행시간 시나리오 추정 결과



는 인구구조의 보수 시나리오 결과와 변화 비율은 유사하지만 증감의 방향이 반대로 나타나는 특색을 보였다. 통행발생량이 가장 급격히 줄어드는 시나리오 Ⅷ은 인구구조의 저위 시나리오를 바탕으로 취업률이 크게 줄어들고 카셰어링과 자율주행차가 현재의 계획대로 확산되어 자동차 보유대수를 현저히 줄이는 상황을 가정한 것이다. 저출산과 고령화로 인해 통행을 발생시키는 인구가 줄고 자동차 보유대수도 감소할 뿐 아니라 실업률이 증가해 가계소득도 줄어드는 상태이므로 여가를 위한 자동차 통행발생량이 크게 줄어드는 것이다. 이는 4차 산업혁명으로 인한 노동시장의 변화를 긍정적으로 가정한 시나리오 V에 비해 통행량이 상당히 감소하는 것으로서(2020년 0.4%, 2025년 3.4%, 2030년 8.8%, 2035년 15.3%, 2040년 22%) 앞서 살펴본 시나리오 I과 Ⅲ의 차이 비율과 동일하며, 이에 취업률에 따른 변화량이라는 것을 알 수 있다. 이와 같이 나머지 변수를 고정시키고(ceteris paribus) 나머지 하나의 변수를 변화시켜 총 8개의 시나리오로 각각의 변화의 크기를 살펴본 결과 자동차 수, 인구구조, 취업률의 변화 순으로 변화량의 차이가 발생하는 것을 시각화할 수 있었다. 결국 자동차 수의 변화가 통행량에 가장 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

2) 총통행시간 변화

이 연구에서 설정한 가정에 따르면 총통행시간 역시 모든 시나리오에서 점차 감소하였다. 특이한 점은 2040년을 기준으로 가지런히 정렬이 된다는 점이다. 인구구조의 보수 시나리오를 바탕으로 시나리오 I~Ⅳ의 순으로 총통행시간이 길게 나타나고, 인구구조의 진보 시나리오를 반영한 시나리오 V~Ⅷ은 반대로 짧게 나타났다. 이와 같이 총통행시간은 통행발생량 시나리오와는 다른 패턴을 보인다. 기본 시나리오인 시나리오 I과 Ⅲ을 비교하면, 취업률이 높을수록 총통행시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이는 주말 여가를 위한 통행이 주중의 통근통행보다 일반적으로 장거리이며(김상수 외, 2011; 류시균, 2014), 서울의 주말여가통행에 있어 소득이 높을수록 평균이동거리와 평균이동시간이 감소한다는(장운정·이승일, 2010) 연구 결과를 지지하는 것이다.

총통행시간이 가장 낮게 나타나는 시나리오 V는 인구변화 저위시나리오를 바탕으로 4차 산업혁명에 의해 카셰어링 및 자율주행차량이 성공적으로 도입되고 취업률이 증가한다고 가정한 결과이다. 이는 사뭇 자연스러운 변화로서 인구와 자동차 보유대수가 줄어들에 따라 교통정체 현상이 줄어들어 총통행시간이 감소하는 것이라고 해석할 수 있다.

총통행시간에서 각각의 변수의 영향력에 따른 변화를 살펴본 결과, 통행시간에 있어서는 인구구조의 영향력이 가장 크게 나타났다. 자동차 수와 취업률의 경우에는 2030년을 기점으로 통행시간의 영향력이 역전할 것으로 예측된다.

V. 결론

한국 사회가 삶의 질을 중시하는 흐름이 강조되면서 여가 통행에 대한 수요도 점차 증대되고 있다. 그러나 아직 여가 중심으로 발생하는 주말통행에 대한 관심은 극히 부족하며, 장래 통행량 예측에 있어서도 주중 통행에 비해 마땅한 관심을 받지 못하고 있다. 이에 이 연구는 인구구조, 자동차 보유 인식, 기술의 변화가 장래 통행량에 미치는 영향을 살펴보고, 다양한 시나리오를 구성하여 자동차 총통행발생량 및 통행시간의 변화를 살펴보았다. 가산형 종속변수인 총통행발생량은 영과잉 음이항 회귀모형으로 예측하고 연속형 종속변수인 총통행시간에 대해서는 OLS 선형회귀모형을 사용하였다. 자료는 모형 개발에 50%, 검증하는 데에 50%로 이분하여 사용하였다. 검증 결과 오차율은 총통행발생량이 1.75%, 총통행시간이 0.68%로 나타나 예측에 매우 적합한 수준이었다. 모형에 따른 예측의 결과는 요약하면 다음과 같다.

첫째, 서울시는 장래에 총인구 감소, 출생률 저하로 인한 미취학아동 감소, 고령인구의 폭발적 증가 및 1인가구수 확대 등의 인구구조 변화, 카셰어링 확산과 같은 공유경제 활성화에 의한 자동차 보유인식 변화, 4차 산업혁명으로 인한 취업률 증가 및 자율주행차량의 성공적인 도입과 같은 기술 변화로 인해 통행에도 큰 변화가 나타날 것으로 예상

된다. 본고에서도 각 변수의 장래 예측 시나리오에 따라 통행량의 변화가 다양하게 도출되었다. 총통행발생량에서는 자동차 관련 변화가 큰 영향을 미쳤으며 총통행시간에서는 인구구조 변화가 가장 중요한 영향력을 가지는 것으로 나타났다. 이는 통행의 관찰 대상이 자동차이므로 통행발생량은 자동차 수에 민감하지만 통행시간은 서울시 인구 전체의 누적 시간이므로 인구수에 민감하게 반응하기 때문으로 이해할 수 있다.

둘째, 장기적인 관점에서 자동차 수를 줄이기 위한 정책 개발이 필요하다. 자동차 수는 통행발생량에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로, 이 연구에서는 인구 감소와 더불어 카셰어링이 활성화되고 자율주행차로 인해 운행효율이 높아지면서 자동차 수가 줄어들어 자동차통행량이 감소할 것으로 예측하였다. 따라서 중거리 대체수단으로 여겨지는 카셰어링과 같은 공유경제를 활성화하고, 중장거리 통행에 주로 이용될 것으로 여겨지는 자율주행차의 효율성을 높이기 위한 여러 가지 시도에 관심을 가질 필요가 있다. 그러나 연구 결과에 따르면 카셰어링과 자율주행차가 단기적으로는 통행발생량을 줄이는데 효과적이지만 장기적으로는 줄일 수 있는 자동차 수에 한계를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 장기적인 관점으로 장거리 통행에서 자동차를 대체할 수 있는 교통수단의 확충과 단·중거리 통행에서 공유경제를 통해 운행효율을 높이기 위한 정책적 노력이 적절하다.

셋째, 고령인구 증가에 따른 영향을 파악하고 대비하는 것이 바람직하다. 서울시는 고령자 계층에서 비통근(쇼핑/여가/기타)통행이 활발하게 이루어지고 있으며 대중교통 이용률이 높은 편이다(강남욱·남궁미, 2018). 이 연구에서도 고령화비율이 높아질수록 자동차 통행이 감소하는 것으로 나타나므로, 고령인구의 자동차 의존도가 감소함에 따라 대중교통 이용수요는 증가할 것이라고 예측이

가능하다. 이에 늘어나는 고령인구 대중교통 수요를 감당하고 환경을 개선하는 정책 수립에 대한 고민이 필요한 시점이다. 한편, 이 연구에서는 고령인구의 증가로 인해 대중교통 이용률이 증가했다는 직접적인 영향을 알 수 없으므로 이와 관련한 후속 연구가 필요하다.

추가적으로 향후 과제로서 이 연구에서 사용한 분석의 스케일을 약점으로 지적할 수 있다. 본고는 교통분석존을 분석단위로 사용하여 다양한 변수를 예측에 활용할 수 있었다. 그러나 집계단위를 사용함으로써 개인, 가구 및 통행특성이 적절히 반영되지 못한 측면이 있다. 따라서 향후에는 개인을 단위로 예측을 수행하고 그 결과를 이 연구와 상호 비교, 평가하는 작업이 필요할 것이다.

참고문헌

강남욱·남궁미, 2018, “서울시 고령자의 대중교통이용 영향 요인에 관한 연구”, 『국정관리연구』, 13(1): 83~106.
고용노동부, 2017, 「2016~2026 중장기 인력수급전망 및 시사점」.
고용노동부, 2018, 「2016~2030 4차 산업혁명에 따른 인력수요 전망」.
고은정·이경환, 2013, “압축도시 계획요소가 지역주민들의 쇼핑통행에 미치는 영향-서울시를 대상으로”, 『한국산학기술학회논문집』, 14(8): 4077~4085.
고준호, 2014, 「공유도시 상징사업 나눔카 효과평가와 서비스 운영방향」, 서울연구원.
김상수·송민승·정진혁, 2011, “개인통행특성에 따른 주중 및 주말 통행 특성 비교 연구”, 『대한교통학회 학술대회지』, 65: 77~82.
김점산·박경철·고진, 2015, 「카셰어링의 사회경제적 효과」,

경기연구원.
류시균, 2014, 「수도권 주민의 주중·주말 통행실태 비교」, 경기연구원.
마강래·윤영호, 2009, “고령자의 교통수단 선택 변화과정에 관한 연구”, 『서울도시연구』, 10(4): 159~171.
미래창조과학부, 2017, 「기술이 세상을 바꾸는 순간」.
박가열·천영민·홍성민·손양수, 2016, 「기술변화에 따른 일자리 영향 연구」, 한국고용정보원.
서동환·장윤정·이승일, 2011, “보상메커니즘을 고려한 도시공간구조측면에서의 평일통근통행과 주말여가통행 상호관계 분석」, 『국토계획』, 46(7): 89~101.
서민호·김세웅, 2011, “도시형태 계획요소와 통행태 특성요소간 연관성 분석-도시 규모·입지에 따른 녹색도시 계획 정책을 중심으로」, 『국토계획』, 46(4): 223~244.
서울연구원, 2015, 「서울특별시 1인 가구 대책 정책연구」.
서울특별시, 2015, 「서울특별시 10개년 도시철도망 구축계획 변경」.
성현곤·추상호, 2010, “근린생활권 단위의 압축도시개발이 통행수단분담율과 자족성에 미치는 효과분석」, 『국토계획』, 45(1): 155~169.
수도권교통본부, 2012, 「여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사」.
오은주, 2018, 「서울시 혁신형 중소기업의 다양성과 정책방향」, 서울연구원.
오성호·류재영, 2007a, “주말 여가통행수요를 고려한 교통시설 투자 필요」. 『국토정책 Brief』, 145: 1~4.
오성호·류재영, 2007b, “주말 여가통행의 시간가치를 고려한 교통시설 투자평가 필요」. 『국토정책 Brief』, 148: 1~4.
이신해, 2005, 「고령사회에 대응하는 서울시 교통정책에 관한 기초연구」, 서울연구원.
장성만·안영수·이승일, 2011, “행정동별 접근도가 교통수단별 분담율에 미치는 영향 분석-서울시를 대상으로」, 『국토계획』, 46(4): 43~53.
장수는·김대현·임강원, 2000, “신경망 이론을 이용한 통행발생 모형연구(선형/비선형 회귀모형과의 비교)」, 『대한교통학회지』, 18(4): 95~105.
장윤정·이승일, 2010, “거주지의 여가환경이 여가통행거리에 미치는 영향분석」, 『국토계획』, 45(6): 85~100.

- 장윤정, 2017, “여가목적지로서 테마파크 환경 지각 요인의 중요도와 만족도 비교: 대전 오월드 연간회원과 일 반고객을대상으로”, 「관광연구저널」, 31(1): 83-94.
- 장재민·김태형, 2016, “관광통행 시 승용차 수단선택에 영 향을 미치는 인구사회학적 특성 분석”, 「교통연구」, 23(2): 41~51.
- 장필성·백서인·최병삼, 2018, 「자율주행차 사업화의 쟁점 과 정책 과제」, 과학기술정책연구원.
- 조종석·박지영·최병남, 2010, 「고령자 통행에 영향을 미치 는 요인에 관한 연구」, 한국교통연구원.
- 주진호·연지윤·장동익, 2013, “자가용 승용차의 가구그룹별 통행특성 차이에 관한 연구”, 「대한교통학회지」, 32(4): 347~356.
- 추상호, 2012a, “서울시 주말 통행특성 분석 연구”, 「한국 ITS학회논문지」, 11(3): 92~101.
- 추상호, 2012b, “활동요소가 통행수단선택에 미치는 영향 분석-선택적 활동을 중심으로”, 「국토연구」, 74: 163~173
- 추상호, 이항수, 신현준, 2013, “수도권 가구통행실태조사 자료를 이용한 고령자의 통행행태 변화 분석”, 「국 토연구」, 76: 31~45.
- 통계청, 2018, 「2018 고령자 통계」.
- 한국교통연구원, 2013, 「장래 인구·가구 구조 변화에 따른 통행행태 특성 분석 연구」.
- 한국교통연구원, 2014, 「승용차 공동이용(카셰어링)이 교통 수요에 미치는 영향연구」.
- 한국교통연구원, 2016, 「미래 교통수요의 변화 예측」.
- 한국교통연구원, 2017, 「미래 교통수요의 변화 예측과 대응 (2차년도)」.
- 한국교통연구원, 2018, 「여객 통행실태 Index Book」.
- Badoe, D. A. and Miller, E. J., 2000, “Transportation -land-use interaction: empirical findings in North America, and their implications for modeling”, *Transportation Research D*, 5(4): 235~263
- Boston Consulting Group, 2016, *Self-driving vehicles, robo-taxis, and the urban mobility revolution*.
- Chang, J. S., Jung, D., Kim, J., and Kang, T., 2014, “Comparative analysis of trip generation models: results using home-based work trips in the Seoul metropolitan area”, *Transportation Letters*, 6(2): 78~88.
- Ewing, R., and Cervero, R., 2001, “Travel and the Built Environment: A Synthesis.”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1780(1): 87~114.
- Ewing, R., and Cervero, R., 2010, “Travel and the Built Environment”, *Journal of the American Planning Association*, 76(3): 265~294.
- Forsyth, A., Oakes, J. M., Schmitz, K. H. and Hearst, M., 2007, “Does residential density increase walking and other physical activity?”, *Urban Studies*, 44(4): 679~697.
- Gim, T.-H. T., 2018, “An Analysis of the Relation -ship between Land Use and Weekend Travel : Focusing on the Internal Capture of Trips”, *Sustainability*, 10(2): 425.
- Golshani, N., Shabanpour, R., Mahmoudifard, S. M., Derrible, S., and Mohammadian, A., 2018, “Modeling travel mode and timing decisions: Comparison of artificial neural networks and copula-based joint model”, *Travel Behaviour and Society*, 10: 21~32.

원 고 접 수 일 : 2019년 6월 19일
1 차 심 사 완 료 일 : 2019년 9월 6일
2 차 심 사 완 료 일 : 2019년 9월 23일
최 종 원 고 채 택 일 : 2019년 9월 27일