

석 사 학 위 논 문

카셰어링이 자가용 소유 및 주행거리에
미치는 인과적 영향 분석

Analysis of Causal Effects of Carsharing on vehicle
ownership and vehicle kilometers travelled

숙명여자대학교 대학원

기후환경에너지학(협동과정) 기후환경에너지학 전공

권 예 중

석 사 학 위 논 문

카셰어링이 자가용 소유 및 주행거리에
미치는 인과적 영향 분석

Analysis of Causal Effects of Carsharing on vehicle
ownership and vehicle kilometers travelled

숙명여자대학교 대학원

기후환경에너지학(협동과정) 기후환경에너지학 전공

권 예 중

석사학위논문

카셰어링이 자가용 소유 및 주행거리에
미치는 인과적 영향 분석

Analysis of Causal Effects of Carsharing on vehicle
ownership and vehicle kilometers travelled

지도교수 박창원

이 논문을 기후환경에너지학 석사 학위 논문으로 제출함

2023년 7월

숙명여자대학교 대학원

기후환경에너지학(협동과정) 기후환경에너지학 전공

권예중

목 차

목 차	i
표 목 차	iii
그림목차	v
국문초록	vi
제1장. 서론	1
제1절. 모빌리티 혁신과 공유화	1
제2절. 모빌리티 공유 서비스의 구분	1
제3절. 연구 목적	4
제2장. 선행연구	8
제3장. 카셰어링 산업의 현황	17
제1절. 카셰어링 업계 연혁	17
제2절. 카셰어링의 사업성	18
제3절. 카셰어링 차고지 현황	21
제4장. 연구 방법론	25
제1절. 가설수립	25
제2절. 데이터	29
제1항. 데이터셋 구분	29
제2항. 변수설명	30
1. 승용차 등록대수 및 주행거리	30
2. 카셰어링 진입	30
3. 도시화 수준과 서비스 접근성	33
4. 기타 변수	33
제3절. 분석 모형	37
제1항. IPTW 가중치	37

1. 가중치 적용	37
2. 가중치 적절성 검증	40
제2항. 이중차분법(Difference-In-Difference)	43
제5장. 연구 결과	48
제1절. 등록대수 모형	48
제1항. 등록대수 추이 분석	48
제2항. 등록대수 모형 결과 분석	50
제2절. 주행거리 모형	60
제1항. 주행거리 추이 분석	60
제2항. 주행거리 모형 결과 분석	62
제3절. 강건성 검증	71
제6장. 결론	76
제1절. 연구결과 요약	76
제2절. 연구의 시사점	78
제3절. 연구의 한계 및 차별성	79
참고문헌	81
부록	89
부록 1. 시군구의 구분	89
부록 2. 시군구 변화 연혁	91
ABSTRACT	92

표 목 차

<표 1> 국내 모빌리티 서비스의 구분	2
<표 2> 모빌리티 서비스의 긍정적 환경영향 관련 선행연구	8
<표 3> 모빌리티 서비스의 부정적 환경영향 관련 선행연구	12
<표 4> 그린카, 쏘카 연혁	18
<표 5> 현대자동차·기아 주요품목 가격변동추이(단위: 천 원)	21
<표 6> 연구의 가설	25
<표 7> 분석 데이터셋	30
<표 8> 변수별 기술통계(데이터셋1)	34
<표 9> 변수별 기술통계(데이터셋2)	35
<표 10> 변수별 원시자료 내역	36
<표 11> IPTW 가중치를 위한 변수 식별(데이터셋1)	38
<표 12> IPTW 가중치를 위한 변수 식별(데이터셋2)	39
<표 13> 가중치 적용 이후 분포 균형 확인 : SMD	42
<표 14> 식(2)의 명명법	44
<표 15> 이중차분 계수 의 분해(도시화 수준)	45
<표 16> 이중차분 계수 의 분해(차고지 접근가능성)	46
<표 17> 등록대수를 종속변수로 한 모형	50
<표 18> IPTW 가중치를 적용한 일반회귀모형	51
<표 19> IPTW 가중치를 적용한 이중차분모형(진입*도시화)	54

<표 20> IPTW 가중치를 적용한 이중차분모형(진입*접근성)	57
<표 21> 주행거리를 종속변수로 한 모형	62
<표 22> IPTW 가중치를 적용한 일반회귀모형	63
<표 23> IPTW 가중치를 적용한 이중차분모형(진입*도시화)	65
<표 24> IPTW 가중치를 적용한 이중차분모형(진입*접근성)	68
<표 25> 등록대수 모형의 강건성 검증(진입*도시화)	72
<표 26> 등록대수 모형의 강건성 검증(진입*접근성)	73
<표 27> 주행거리 모형의 강건성 검증(진입*도시화)	74
<표 28> 주행거리 모형의 강건성 검증(진입*접근성)	75
<부록 표 1> 차고지 접근성에 따른 시군구 구분	88
<부록 표 2> 도시화 수준에 따른 시군구 구분	89
<부록 표 3> 시군구 통폐합 연혁	90
<부록 표 4> 시군구 통폐합 내역	91

그림 목차

[그림 1] 연령별 카셰어링 소비건수 및 소비금액	19
[그림 2] 전국 차고지 다보유 시군구	23
[그림 3] 비수도권 차고지 다보유 시군구	23
[그림 4] 수도권 차고지 다보유 시군구	24
[그림 5] 그린카, 쏘카 진입 연도	32
[그림 6] 성향점수분포 그래프	41
[그림 7] 승용차 등록대수 추이(도시화 정도)	49
[그림 8] 승용차 주행거리 추이(도시화 정도)	61

국문초록

모빌리티 산업은 공유화라는 변혁을 겪고 있다. 국내에서 그린카와 쏘카를 필두로 2011년부터 시작한 차고지 기반 카셰어링 서비스는 자동차의 소유가 아닌 공유 패러다임을 전파하여 전반적인 자동차 등록대수를 줄이고 자동차 과밀에 따른 환경적 악영향을 해소할 것으로 기대되어왔다.

이러한 배경에서 본 연구는 카셰어링 서비스의 진입이 실제로 전국 시군구의 승용차 등록대수 및 주행거리에 영향을 미쳤는지 이중차분법을 통해 분석하였다. 이를 위해 승용차 등록대수와 승용차 주행거리를 종속변수로, 전국 227개 시군구의 카셰어링 최초 진입 연월 및 종속변수 관련 사회경제적 변수를 독립변수로 한 11년간(2010년-2020년)의 패널자료를 구축하였다.

한편, 카셰어링 진입이 미치는 영향은 시군구의 도시화 정도 또는 카셰어링 차고지에 대한 접근성에 따라 정도가 다를 것이라 가정하고 각 시군구를 도시화 정도 및 면적 대비 카셰어링 차고지 개수에 따라 구분하였다.

연구 결과, 도시에서는 카셰어링 진입으로 인해 승용차 등록대수가 감소하였고, 차고지 접근성이 나쁜 지역에서는 승용차 등록대수에 대한 통계적으로 유의한 영향이 나타나지 않았다.

이로써 본 연구는 시군구에 카셰어링이 진입하면, 도시라는 조건하에 카셰어링 이용자 뿐 아니라 비이용자에게도 편익이 도달할 수 있다는 것을 실증 자료를 통해 확인하였다. 또한, 서비스가 더욱 확산되고 많은 곳에서 차고지의 충분한 접근성이 확보되면 개인의 자가용 보유대수를 줄일 수 있다는 가능성을 포착했다.

주제어: 카셰어링, 자동차등록대수, 자동차주행거리, Propensity score matching, 이중차분법, DiD, 시군구별

“본 연구는 환경부 지식기반 환경서비스 특성화대학원 사업의 지원으로 수행되었습니다.”

제1장. 서론

제1절. 모빌리티 혁신과 공유화

이재호(2021)¹⁾에 따르면 모빌리티 분야에서 혁신의 물줄기는 크게 3가지(전력화, 자율주행화, 공유화)다. 모빌리티 분야의 혁신은 연관된 산업과 사회상 또한 혁신할 것으로 예상된다.

본 연구가 주목한 공유화는 자동차의 이용과 거래방식이 소유에서 공유로 전환되는 것이다. 이로 인한 사회적 변화는 다음과 같이 기대된다. 첫째는 완성차 판매의 감소이다. 사람들이 자동차를 소유하는 것이 아니라 공유가 더 편리하다고 인식하면, 기존 완성차 업체들은 개별 소비자가 아니라 모빌리티 공유 플랫폼을 대상으로 납품해야 한다. 이로써 완성차는 가치 사슬의 최상위 포식자가 아닌 플랫폼의 협력업체로 변해버릴 가능성이 있다. 한편 모빌리티 공유 업체들은 누적된 데이터를 활용해 최소 규모의 자동차로 최대 주행거리를 운영할 유인이 있다. 이로 인해 자가용 자동차 판매 시장이 위축될 소지가 있다. 이외에도 소비자는 목적지에서 내리면 그만이게 된다는 공유의 특성은 주차 문제를 해소할 가능성이 있다. 이는 좁은 국토의 활용성을 높일 수 있다.

제2절. 모빌리티 공유 서비스의 구분

모빌리티의 서비스화는 상대적으로 최근에 시작한 신규 사업 부문이다²⁾. 모빌리티 서비스 시장이 성장하면서 다종다양한 서비스가 출현하고 있으며 그 분류와 명칭도 다양하다.

삼성증권(2021)³⁾의 분류에 따르면 국내에서 운영 중인 모빌리티 서비

1) 이재호, 스마트 모빌리티 사회. 서울: 카모마일북스, 2019.05.

2) Deloitte. 2020. Future of Sales and Aftersales Impact of current industry trends on OEM revenues and profits until 2035. Germany: Deloitte.

3) 삼성증권. 2021. 모빌리티(OVERWEIGHT) : 공유의 시대, 누가 승자가 될 것인가?.

스는 헤일링과 셰어링으로 구분된다. 셰어링은 차량을 ‘공유한다’의 의미이고, 헤일링은 ‘부른다’의 의미를 지니고 있다. 셰어링과 헤일링은 이용시간, 이용행태, 요금경쟁력 등에 따라 구분된다. 가장 큰 차이점은 주행거리이다. 삼성증권(2021)에 따르면, 카셰어링의 평균적인 이용시간은 60분 이상인데, 택시헤일링은 30분 미만이다. 즉 장거리는 카셰어링으로, 단거리는 택시헤일링으로 이용한다.

<표 1> 국내 모빌리티 서비스의 구분

서비스이름	내용	서비스 주체	서비스
카셰어링	시간 단위 차량 공유 서비스(렌터카와 유사)	B2C	그린카, 쏘카
라이드 헤일링	운전자 동승 시간 단위 차량 공유 서비스	P2P	타다(렌터카와 제휴), 우버,
택시 헤일링	이용자에게 실시간으로 택시를 연결해주는 서비스	B2C	카카오택시(택시업체와 제휴), 우터
라이드 셰어링/카풀	운전자 동승 시간 단위 차량 공유 서비스	P2P	카카오 카풀, 풀러스

삼성증권(2021), 모빌리티 공유의 시대, 누가 승자가 될 것인가?

한편, MaaS(Mobility as a Service)는 모빌리티 서비스와 기존 대중교통 인프라를 모두 통합하여 모든 이동 수단을 통합 검색 결제해 이용할 수 있는 서비스이다⁴⁾. 서울연구원은 ‘승용차, 대중교통과 같은 보편적 교통수단 뿐 아니라 공유 교통, 자율주행차, PM(Personal Mobility) 등 새롭게 등장한 모든 것을 교통수단으로 인식하고 이를 바탕으로 다양한 이

4) 국토교통부. 2020.4.24. [20-0423](보도자료) 주차문제로 몸살 앓던 부천 원도심 스마트 시티 처방으로 획기적 개선..전국 확대한다. http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95083815. 2023년 05월 01일 검색.

용자의 요구를 충족시켜주는 서비스' 로 MaaS를 정의하고 있다⁵⁾.

다양한 신규 모빌리티 서비스 중 특히 운전기사가 존재하는 P2P(Peer-to-Peer) 방식의 카셰어링은 국내 도입 초기 택시업계와 극심한 갈등을 겪었다. 결국 2020년 3월, '타다 금지법' 으로 통칭하는 '여객자동차운수사업법 개정안⁶⁾' 으로 인해 P2P방식의 카셰어링이 전면 종료되었다. '여객자동차운수사업법 개정안' 은 렌터카 사업자가 렌터카를 임차한 자에게 운전자를 알선할 수 있는 사유를 규정하고 그 대상을 축소하는 것을 내용으로 한다. 이후 2020년 4월 개정된 '플랫폼 운송사업자 제도⁷⁾' 하에 플랫폼운송사업 허가기준에 해당하는 소규모 업체만이 P2P 서비스를 제공하고 있다.

이러한 이유로 현재 우리나라에서는 B2C(Business-to-Consumer)형태의 카셰어링, B2C형태의 택시헤일링만 성행 중이다. B2C형태의 카셰어링은 운전기사가 제공되지 않는 차량 공유 형태이고, B2C형태의 택시헤일링은 대규모 플랫폼사업자가 기존에 존재하는 택시사업체들과 가맹을 맺는 방식으로 이루어져 있다. 따라서 기존 택시 사업 영역을 침해할 소지가 P2P방식의 모빌리티 서비스보다 상대적으로 적었다.

우리나라에서 서비스 중인 B2C 방식의 카셰어링의 경우 장거리에 유리하다는 점, 일정한 장소에 반납해야 한다는 점에 있어 렌터카 서비스와 유사한 점이 있다. 카셰어링 서비스가 렌터카와 구별되는 점은 1)필요한 시간만큼만 초단기(10분단위) 대여가 가능하다는 점, 2)스마트폰을 통해 대면하지 않고 대여 및 반납이 가능하다는 점이다⁸⁾. 뿐만 아니라 그린카는 2016년⁹⁾부터, 쏘카는 2022년부터¹⁰⁾ 자사의 차고지라면 왕복이 아니라

5) 윤혁렬, 유경상, 홍상연, 기현균, 박세현, 2019. 서울형 통합교통서비스 도입방안. 서울연구원.

6) [시행 2020. 3. 24.] [법률 제17091호, 2020. 3. 24., 타법개정]

7) 제4장의2 여객자동차운수플랫폼사업 <개정 2020. 4. 7.>

8) 권정두. 2022.11.25. '반쪽 카셰어링' 끝나나...공정위, 규제 개선 시동. 시사위크. <http://www.sisaweek.com/news/articleView.html?idxno=200960>. 2023년 03월 01일 검색.

9) 김보경, 2016.09.02. 그린카, 부산에서도 '원하는 곳에서 반납 가능'. 이데일리. <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=02240246612776184&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y>. 2023년 03월 01일 검색.

10) 이소연, 2022.09.15. 쏘카, '쏘카존 편도'정식 서비스 시작...전국 10개 도시로 확대. 조

편도 반납도 추가 요금을 내면 이용이 가능해지면서 렌터카와 구별되는 카셰어링만의 특징이 추가되었다.

다양한 모빌리티 서비스의 운영주체 기업들은 TNC(Transportation Network Company)라고도 불린다. TNC 들은 스스로를 IT기업으로 정체화하고 방대한 양의 데이터를 수집 및 분석하여 최적 경로를 만들어내고, 기업이 존재하지 않았다면 실현되지 않았을 거래를 성사시킨다¹¹⁾는 점에서 경제성장의 새로운 동력으로 주목받고 있다.

제3절. 연구 목적

본 연구의 목적은 우리나라 전국 시군구에 카셰어링 서비스가 진입한 이후 해당 지역에 긍정적인 환경영향이 발생했는지 검증하는 것이다. 긍정적 환경영향의 척도로는 시군구별 승용차 등록대수와 시군구별 승용차 주행거리를 활용했다.

모빌리티 공유 업체들이 공통적으로 자랑하는 성과 중 하나는 환경성인데, 모빌리티 공유 업체가 긍정적인 환경 영향을 창출하는 경로는 사업 모델별로 조금씩 다르다.

우선 업체들은 자체적으로 높은 친환경 무공해 차량 목표를 수립했다. 해외에서 널리 사용되는 승차공유 모델 우버는 2040년까지 운행차량의 100% ZEV(Zero energy vehicle) 달성을 목표로 사업수익 중 800만 달러 규모의 액수를 드라이버의 ZEV 차량구입비용을 지원하는 데 투자하였다¹²⁾. 또한 우버는 2015년 우버풀 승차공유 서비스¹³⁾ 출시 이후 6개월간 124 메트릭 톤의 이산화탄소를 감축했다고 밝혔다¹⁴⁾. 국내에서 택시헤일

선비즈. <https://biz.chosun.com/it-science/ict/2022/09/15/6H5SC3VODBDL3CPQKLZTCNOQ5M/>. 2023년 03월 01일 검색.

11) Rosenblat, A. 저자(글)· 신소영 번역, 우버 혁명- 공유 경제 플랫폼이 변화시키는 노동의 법칙(Uberland: How Algorithms Are Rewriting the Rules of Work), 서울: 유엑스리뷰, 2019.07.

12) Uber. 2022. Uber 2022 ESG Report.

13) 목적지가 비슷한 여러 사람을 군집으로 묶어 한번에 실어나르는 서비스

14) Hern, A., 2015.04.17. Uber claims new taxi-sharing service saves 120 tonnes of C

링 사업을 운영하는 카카오모빌리티 또한 전기택시의 보급을 확산하여 무공해 전환 가속화에 기여한다는 점을 내세운다¹⁵⁾.

우리나라의 경우 정부가 나서 모빌리티 사업체들이 친환경 무공해 차량 보급에 앞장서도록 장려한 바 있다. 2021년 환경부는 10개 자동차 렌트·리스업체와 함께 수송부문 탄소중립 실현을 위해 기업 보유 차량을 2030년까지 무공해차로 100% 전환할 것을 선언했다¹⁶⁾.

국내 카셰어링 업체 쏘카도 이에 발맞춰 2030년까지 100% 전기차로 서비스 차량을 전환할 계획이고, 전기차를 이용하는 고객들에게 주행거리 1km 당 100원의 탄소중립 포인트를 제공하는 적립시스템을 운영 중이다. 그린카도 2023년 말까지 그린카 운영 차량의 50%를 하이브리드, 전기차로 채우고, 2025년 말까지는 친환경차 비중을 70%까지 높일 계획이라고 밝혔다¹⁷⁾.

업체들이 야심찬 친환경 무공해 차량 전환 목표를 제시한 이유는 소비자 선호와도 깊은 관련이 있다. 카셰어링 이용자들은 구매하기에는 가격이 높지만 시승해보고자 하는 신차를 카셰어링 서비스 차량으로 선호하는 경향이 있기 때문이다. 이와 관련하여, Clewlow (2016)¹⁸⁾는 캘리포니아 가구통행조사를 통해 카셰어링 이용 경험이 있는 사람이 추후 자신의 차를 선택할 때 비이용자보다 친환경 차량(전기차)을 선호한다는 연구 결과를 도출하였다. 또한, Shaheen et al. (2016)¹⁹⁾은 잠재적 카셰어링 이

O2 a month. The Guardian. <https://www.theguardian.com/technology/2015/apr/17/uber-taxi-sharing-service-saves-120-tonnes-co2-month>. Accessed 01 May. 2023.

15) 김윤수, 2023.01.01. 카카오 전기택시 1만여대로 확대... '친환경' 가속. 서울경제. <https://www.sedaily.com/NewsView/29KB1CVEKP>. 2023.05월 01일 검색.

16) 정은지, 2022.04.18. [ESG 리더스] 박재욱 쏘카 대표, '종합 모빌리티' 혁신으로 ESG 이끈다. 녹색경제신문. <https://www.greened.kr/news/articleView.html?idxno=295103>. 2023.05월 01일 검색.

17) 신화섭, 2023.02.21. 그린카, 인천시 카셰어링 공식 사업자 선정... "자원봉사자 무료 쿠폰 지급". MOTORGRAPH. <https://www.motorgraph.com/news/articleView.html?idxno=31654>. 2023년 05월 08일 검색.

18) Clewlow, R, R, 2016, "Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area". Transport Policy. 51: 158-164.

19) Shaheen, S., Cano, L. & Camel, M., 2016. "Exploring electric vehicle carsharing as a mobility option for older adults: A case study of a senior adult community in the San Francisco Bay Area". International Journal of Sustainable Transportation.

용자가 동일한 조건에서 하이브리드 전기차를 선호하기 때문에 서비스 차량에 하이브리드 전기차를 제공하면 카셰어링에 대한 관심과 참여가 증가한다는 것을 발견하였다.

또한, 모빌리티 서비스의 서비스 차종은 일반적인 승용차의 제조연도보다 최신이다. 일반적으로 연식이 오래된 차량보다는 최신 차량 중에 친환경 무공해 차량의 비중이 높으며, 최신 차량은 연식이 오래된 일반 차종보다 엄격한 연비 및 배출 기준을 적용받는데, 이로 인한 긍정적인 환경영향이 Migliore et al. (2020) 에 의해 분석된 바 있다. 또한 Wenzel et al. (2019)²⁰⁾ 에 따르면 미국 오스틴에서 승차공유에 사용되는 차량은 일반 차량보다 평균적으로 갤런당 2마일 정도 우월한 연비를 보였다.

모빌리티 서비스 차량 중 제조연도가 최신인 차량과 연비, 배출량 측면에서 우월한 차량이 일반차량보다 높은 비중을 차지한다는 점은 단지 서비스 차량을 넘어 여타 영업용, 공공, 자가용 차량에까지 친환경 무공해차가 확산되도록 하는 데 필요한 기반 시설(충전소 등)을 강화하는 유인이 되기도 한다.

친환경 차종의 확산에 기여한다는 점에 더해, 카셰어링 업체는 공유라는 사업 모델 자체가 자원을 효율적으로 사용한다는 점을 강조한다. 한정된 공유차량을 필요한 상황에만 이용한다면 개개인이 저마다 차량을 소유했을 때보다 차량등록대수 및 전체차량 주행거리를 감축할 수 있기 때문이다. 자가용 여러 대에서 카셰어링 차량 한 대로의 직접적인 대체 효과 이외에도, 간접적인 환경영향을 고려해볼 수 있다. 지역 내에 카셰어링 차고지가 신설되면 지역사회에 차량의 소유가 아닌 공유 패러다임을 전파해서, 서비스를 이용하지 않는 사람들에게도 신차 구입을 지연하거나 단념하는 효과를 불러일으킬 수 있기 때문이다.

또한 자가용을 보유하고 있는 사람이라 하더라도, 카셰어링 서비스에 요금을 지불하고 이용해 본 경험이 있다면 차량 주행에 따른 비용을 명

10(5): 406-417.

20) Wenzel, T., Rames, C., Kontou, E., & Henao, A., 2019. "Travel and energy implications of ridesourcing service in Austin, Texas". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 70(2019): 18-34.

확히 인식하게 됨(즉, 연간 고정 비용을 시시각각에 대한 비용으로 상각화(amortize)해서 계산할 수 있게 됨)으로써 자가용 승용차 주행거리를 줄인다는 주장도 있다(Migliore et al., 2020)²¹⁾.

한편 이러한 신규 모빌리티 사업의 환경적 영향에 대한 연구 결과는 양가적이다. 연구 결과 중 일부는 사업활동이 환경적으로 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 주장한다. 다른 일부는 사업활동이 환경적으로 긍정적인 영향을 미치지 않거나 또는 오히려 환경에 악영향을 미친다고 주장한다.

우리나라의 경우, 현재 수도권의 대중교통 수단분담률이 현저히 높은 상황인데 만약 여객수송률이 대중교통보다 낮은 모빌리티 서비스 차량이 대중교통과 경합하면 오히려 에너지 사용량이 많아질 것이라는 우려도 있다.

이렇듯 모빌리티 서비스의 환경성에 대한 주장이 혼재하고 있는 상황에서 설문이 아닌 실증 자료를 활용하여 카셰어링의 진입으로 인한 전국적 환경영향을 분석한 본 연구는 모빌리티 서비스의 환경성에 대한 모호함을 해소하는 데 기여할 수 있을 것이다.

이후 본지의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 앞서 약술한 모빌리티 서비스의 양가적 환경영향에 대한 선행연구를 살펴볼 것이다. 이어 제3장에서 연구 대상인 카셰어링 산업의 현황을 밝히고, 제4장에서는 연구 방법론에 대해 상술한다. 제5장에 연구 결과 및 해석을 배치하였으며, 마지막 제6장에서 결론을 제시한다.

21) Migliore, M., Gabriele, D. & Domenico, C., 2020. "The environmental benefits of carsharing: the case study of Palermo". *Transportation Research Procedia*, 48: 2127-2139.

제2장. 선행연구

모빌리티 공유 서비스의 환경적 영향에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 모빌리티 서비스의 환경성 연구가 가장 빈번하게 제기한 연구 질문은, “서비스로 인해 에너지 사용량 감축, 온실가스 감축이 이루어질 수 있을까?”였다. 그러나 이러한 연구들의 결과는 하나로 모이지 않고, 모빌리티 서비스 운영이 환경적으로 긍정적인 영향을 미친다거나, 모빌리티 서비스가 환경적으로 뚜렷한 긍정적 영향을 미치지 않는다거나, 오히려 악화한다는 내용으로 구분된다.

모빌리티 서비스가 긍정적인 환경영향을 미친다는 연구라 하더라도, 그러한 영향을 미치는 매커니즘에는 여러 가지가 있었다. 마찬가지로 모빌리티 서비스가 환경적 악영향을 초래하는 연구라 하더라도, 그러한 악영향을 초래하는 다양한 매커니즘이 있었다.

모빌리티 서비스가 긍정적인 환경영향을 창출한다는 경우 모드전환과 전과정 영향이라는 매커니즘이 작용했다. 모드전환의 경우 기존에 자가용을 이용했을 사람들이 공유차량을 이용하게 되거나, 서비스가 대중교통의 편리성을 증대시켰기 때문에 발생한다. 예를 들면 택시헤일링, 승차 공유 서비스는 대중교통을 이용하기 위해 필요한 퍼스트 마일, 라스트 마일 이동의 불편함을 해소하여 자가용 대신 이미 갖춰진 대중교통을 선택할 유인을 제공하여, 대중교통의 이용률을 높이는 것이다.

전과정 영향으로 인한 긍정적 환경영향의 경우, 서비스가 존재하지 않았더라면 여러 대의 차량으로 충족되었을 이동수요를 한 대의 공유 차량이 대체하여 차량 제조단계에서 발생하는 에너지사용량 및 온실가스 감축을 의미한다.

<표 2> 모빌리티 서비스의 긍정적 환경영향 관련 선행연구

문헌	서비스 종류	매커니즘	방법론	결과
이영인(2021)	카셰어링	모드전환,	설문조사,	특정 시나리오에서 카셰

	(B2C)	전과정	로그평균디비지 아지수 분석	어링으로 인해 배출량 감축
Amatuni et al. (2020)	카셰어링	모드 전환	설문조사, 카셰어링 참여 전후 평균 이동거리 비교, LCA분석	배출량의 증감을 합한 순효과 감축
Labee et al. (2022)	MaaS	모드 전환	활동 기반 여행 수요 모델 시뮬레이션	MaaS 도입지역 배출량 감축
Morfeldt & Johansson(2022)	카셰어링 (B2C, P2P)	전과정	반실증(semi empirical) 차량수명 -주행강도 모형	공유 차량 1대가 10대의 개별 소유 차량을 대체 하여 배출 감축 가능
Migliore(2020)	카셰어링 (B2C)	모드 전환	설문조사 및 배출량 계산 모형(COPERT)	카셰어링이 충분히 활발 히 이루어진다면 자가용 차량 4대를 1대로 대체 하는 효과
Kim et al. (2019)	카셰어링 (B2C)	모드 전환	설문조사, 로지스틱회귀분 석	카셰어링이 신차 구매 의지를 지연시키는 효과 있었음
Zhou et al. (2020)	카셰어링 (B2C)	모드 전환	설문조사, 네스티드 로짓모형	카셰어링으로 인한 자가 용 소유 변화는 서비스 만족도와 높은 상관관계
Nijland & Meerkerk(2017)	카셰어링 (B2C, P2P)	모드 전환	설문조사	네덜란드 카셰어링 이용 자는 이용 전보다 평균 적으로 1년에 1750km를 덜 주행
Kolleck(2021)	카셰어링 (B2C, P2P)	모드 전환	1차차분 고정효과 회귀모형	B2C 카셰어링 차량 1대 는 9대의 자가용 차량을 대체하는 효과

이영인(2021)²²⁾은 수원시 CO₂ 배출량 증감 중 B2C 카셰어링 서비스의

22) 이영인, 2021. “카셰어링 서비스의 전과정 평가 기반 환경영향 변화 요인에 관한 연구-다계층 LMDI 분석을 중심으로”. 서울대학교 대학원 도시계획학 박사학위논문.

전과정 영향으로 인한 영향이 어느 정도인지 알아보고자 로그평균디비지아지수 요인분석(LMDI)을 활용했다. 그 결과 카셰어링 서비스 도입 후 자가용승용차, 대중교통, 택시로 이루어지던 이동수요가 카셰어링 차량수요로 전환함에 따라 시나리오 1(카셰어링 차종 중 83%가 내연기관차인 시나리오)에서 전과정 배출량이 카셰어링 도입 전에 비해 94,915tCO₂e 감소하였고, 시나리오 2(카셰어링 차종의 100%가 전기차인 시나리오)에서 전과정 배출량이 카셰어링 도입 전에 비해 126,791tCO₂e 감소하였다.

Amatuni et al. (2020)²³⁾은 카셰어링 이용자들의 카셰어링 이용 전후 평균 이동거리를 비교하고 온실가스 배출량 감축을 분석하였다. 그 결과 승용차로부터 카셰어링으로의 전환으로 인해 발생한 온실가스 배출량 증가분과 대중교통으로부터 카셰어링으로의 전환으로 인한 배출량 감축분을 순(net)효과로 고려하면 연간 배출량은 (3-18%) 감소하는 것으로 나타났다.

Labee et al. (2022)²⁴⁾는 네델란드 암스테르담의 가상적 MaaS 도입 이후 CO₂ 배출량을 활동 기반 여행 수요 모델 시뮬레이션으로 예측한 후 만휘트니 검정(Mann-Whitney U test)으로 도입 전후의 차이를 비교했다. 그 결과 MaaS 서비스에 대한 수요의 강도가 다른 세가지 시나리오 중 수요가 가장 많은 Optimistic 시나리오의 배출량이 그보다 수요가 적은 다른 시나리오들의 배출량에 비해 유의하게 낮은 것으로 추정되었다.

모빌리티 서비스 확산의 긍정적 환경영향은 여러 대의 차량 주행거리를 한 대의 차량이 대체하는 방식으로 발생한다. Morfeldt & Johansson (2022)²⁵⁾의 스웨덴의 수명-주행강도 모형과 탄소발자국 모형을 활용한

23) Amatuni, L., Ottelin, J., Steubing, B. & Mogollón, J.M., 2020. "Does car sharing reduce greenhouse gas emissions? Assessing the modal shift and lifetime shift rebound effects from a life cycle perspective". *Journal of Cleaner Production*. 266(September 2020), 121869

24) Labee, P., Rasouli, S. & Liao, F., 2022. "The implications of Mobility as a Service for urban emissions". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 102(January 2022), 103128.

25) Morfeldt, J. & Johansson, D.J.A., 2022. "Impacts of shared mobility on vehicle lifetimes on the carbon footprint of electric vehicles". *Nature Communications* 2022

분석에 따르면 모빌리티 서비스들 중 공유를 기반으로 한 승차공유(P2P), 카셰어링(B2C)은 여러 대의 차량 누적 주행거리를 대체하여 제조단계의 탄소배출을 감축한다. 특히, 제조단계의 기술 진보로 인해 차량의 연평균 주행 강도가 강해질 때 차량 수명이 단축되는 관계가 보다 약해진다면 카셰어링이 제조단계의 탄소배출량을 상당히 감축(공유 차량 1대가 10대의 개별 소유 차량을 대체할 경우 41% 감소할 것)할 수 있을 것이란 결과를 도출했다.

또한 모빌리티 서비스 차량이 신형인 점도 환경적으로 긍정적인 영향을 미친다. 일반적으로 차량 연식이 오래되었을수록 연비가 좋지 않고, 느슨한 오염물질 배출 규정을 따르기 때문이다. Migliore (2020)이 이탈리아 팔레르모 지역에서 수행한 연구에서 지역 내 연식별 차량 비중을 조사해 본 결과, 카셰어링 서비스를 구성하는 차량의 제조연도가 팔레르모의 평균 승용차 제조연도보다 최신이었고, 이로 인해 온실가스 감축 효과가 발생한 것으로 드러났다.

Kim, D. et al. (2019)²⁶⁾은 국내 B2C 카셰어링 서비스 이용자의 차량 구매 및 처분 의사의 변화를 밝혀내고자 서울시 나눔카 서비스 이용자 대상 설문조사 내용을 바탕으로 한 신차 구매 지연 또는 처분 로지스틱 회귀분석을 수행했다. 그 결과 카셰어링 서비스가 기존차량을 폐차시키는 것은 무리가 있지만 신차 구매 의지를 지연시키는 데는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Zhou et al. (2020)²⁷⁾은 호주 B2C 카셰어링 서비스 이용자의 차량 소유 또는 처분 의사의 변화를 밝혀내고자 호주 주요 도시의 1,500 가구를 대상으로 한 설문을 수행한 뒤 네스티드 로짓(nested-logit)모형으로 분석했다. 그 결과 이용자는 단순히 차량 공유가 존재한다는 사실만으로

Oct 27;13(1):6400.

26) Kim, D., Park, Y. & Ko, J., 2019. "Factors underlying vehicle ownership reduction among carsharing users: A repeated cross-sectional analysis". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 76(November 2019): 123-137.

27) Zhou, F., Zheng, Z., Whitehead, J., Perrons, R.K., Washington, S. & Page, L., 2020. "Examining the impact of car-sharing on private vehicle ownership". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 138: 322-341.

차량 소유 및 처분 의사가 변하지는 않았으며, 카셰어링의 서비스 특성이 소비자의 요구와 맞아떨어졌을 때 차량 보유대수를 줄일 의향이 발생하는 것으로 드러났다.

Nijland & Meerkerk (2017)²⁸⁾ 은 네덜란드 카셰어링 이용자들을 대상으로 카셰어링 도입 전후 차량 소유 변화, 차량 이용패턴 변화, 주이동수단 변화 등을 설문조사하였다. 그 결과 카셰어링 이용자는 비이용자에 비해 30% 적은 차량을 소유했으며, 카셰어링 이용 전에 비해 15-20% 주행거리가 줄어드는 것으로 나타났다. 또한 이 효과는 P2P 카셰어링 모델보다 B2C 카셰어링 모델에서 두드러졌다.

마지막으로 Kolleck (2021)²⁹⁾은 카셰어링이 자가용 소유에 미치는 영향 분석을 위해 독일 35개 도시의 실제 자가용 총 등록대수를 종속변수로, 카셰어링 서비스차량 수를 독립변수로 한 1차차분 고정효과 회귀모형을 분석했다. 그 결과 차고지 기반의 B2C 카셰어링 차량 1대는 9대의 자가용 차량을 대체하는 효과가 있었다. 그러나 P2P 카셰어링 방식으로는 유의한 자가용 대체 효과가 없는 것으로 나타났다.

<표 3> 모빌리티 서비스의 부정적 환경영향 관련 선행연구

문헌	서비스 종류	매커니즘	방법론	결과
Ward et al. (2019)	라이드헤 일링	모드전환	이중차분모형 (우버진입*도시 화 수준)	우버 진입으로 인한 유 의한 배출량 및 vkm 변 화를 찾지 못함.
Jung & Koo(2017)	카셰어링 (B2C)	모드전환	혼합 로짓 모형, 선형 회귀 모형	대중교통에서 카셰어링 으로의 전환으로 인한 배출량 증가분이 자가용

28) Nijland, H. & Meerkerk, J., 2017. "Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands". Environmental Innovation and Societal Transitions. 23(June 2017): 84-91.

29) Kolleck, A, 2021, "Does Car-Sharing Reduce Car Ownership? Empirical Evidence from Germany". Sustainability. 13(13): 7384.

				으로부터 전환한 배출량 감소분을 능가함
Fioreze et al. (2019)	MaaS	모드 전환	설문조사	걷기, 자전거로 이루어지던 이동수요가 MaaS로 인해 동력적 수단으로 전환
Union of Concerned Scientists(2020)	라이드 헤일링	공차주행	시나리오 분석	택시헤일링은 “공차주행”거리 때문에 배출량 오히려 증가시킴
Clelow & Mishra(2017)	라이드 헤일링	모드 전환	설문조사	라이드헤일링 사용자가 비사용자보다 유의하게 적은 수의 차량을 소유하지는 않음
Circella et al. (2019)	라이드 헤일링	모드 전환	설문기반 패널자료의 탐색적 분석	전체 라이드헤일링 수요의 60%가 만약 라이드헤일링이 없었다면 대중교통, 도보, 자전거로 실현을 수요임
Wu & MacKenzie (2021)	라이드 헤일링	모드 전환	이중차분모형	라이드헤일링 이용 이후 총주행거리를 줄인 유일한 그룹은 차량을 소유한 빈번한 이용자 그룹뿐이었고, 다른 이용자 그룹에서는 주행거리를 모두 증가시킴

모빌리티 서비스가 에너지사용량 및 탄소배출량 증가에 영향을 미치는 요인 중에는 자가용 등록대수 감소로 인한 영향, 모드전환으로 인한 영향이 있었다. 이외에도 공차주행(deadheading)으로 인한 영향, 도로 평균속력 변화에 따른 영향, 차량교체주기를 앞당기는 효과, 전과정(Life-Cycle) 영향이 모빌리티 서비스가 에너지사용량 및 탄소배출량을 증가시키는 요인으로 분석되었다.

모드전환은 긍정적인 환경영향을 미치는 요인이기도 했다. 그런데 같은 요인들이 환경적 악영향을 미치는 방향으로 작용하기도 한다. 모빌리티

서비스가 이용가능해지면 기존에 자전거, 도보 등 비동력적인 수단으로 충족되었던 수요가 모빌리티 서비스 도입으로 인해 자동차로 충족되는 모드전환이 이루어질 수도 있기 때문이다.

실제로 Circella et al. (2019)³⁰⁾ 이 캘리포니아에서 다년(2015년-2018년)에 걸친 설문조사를 수행하고 분석한 결과, 전체 라이드헤일링 수요의 60%가 만약 라이드헤일링이 없었다면 대중교통, 도보, 자전거로 실현되었을 수요임을 밝혀냈다. Fioreze et al. (2019)³¹⁾ 는 네덜란드에서 가상적 MaaS 번들 서비스 이용과 관련한 설문조사를 통해 기존에 비동력적 수단(자전거, 도보)으로 충족되던 이동수요가 MaaS 도입으로 인해 자동차라는 동력적 수단으로 충족될 것이며 배출량을 증가시킬 수 있음을 밝혀냈다.

마찬가지로 여객수송률³²⁾이 높은 대중교통으로 충족되었던 이동수요가 여객수송률이 낮은 모빌리티 서비스 차량으로 전환되면 오히려 주행거리 및 에너지사용량, 배출량이 증가한다. 이와 관련하여, Jung & Koo (2017)은 국내 B2C 카셰어링 이용자에 대한 설문조사 자료를 이용하여 이용자가 자가용을 포기할 의향을 혼합 로짓 모형으로, 대중교통이 공유차량으로 대체되는 정도를 선형 회귀로 분석했다. 그 결과, 대중교통에서 카셰어링으로의 전환으로 인한 배출량 증가분이 자가용으로부터 카셰어링으로 전환되어 발생하는 배출량 감축분을 능가하는 것으로 나타났다.

모빌리티 서비스 중 특히 우버와 같은 라이드 헤일링의 경우 승객 없이 승객을 태우러, 수요가 많은 곳을 찾아서, 혹은 서비스차량을 반납하러 가는 주행거리가 있다. 이를 공차주행(empty travel)이라 한다. 공차주행은 택시헤일링의 경우 승객을 태우러, 수요가 많은 곳을 찾아갈 때

30) Circella, G., Matson, G., Alemi, F. & Handy, S., 2019. "Panel Study of Emerging Transportation Technologies and Trends in California: Phase 2 Data Collection". Institute of Transportation Studies, Working Paper Series qt35x894mg, Institute of Transportation Studies, UC Davis.

31) Fioreze, T., Gruijter, M. & Geurs, K., 2019. "On the likelihood of using Mobility-as-a-Service: A case study on innovative mobility services among residents in the Netherlands". Case Studies on Transport Policy. 7(4)

32) 여객수송률 : 하나의 차량이 실어나를 수 있는 승객의 수

발생하고, 카셰어링의 경우 지정된 차고지에 차를 끌고 돌아갈 경우 발생한다. 공차주행과 관련하여 Union of concerned scientists(2020)³³⁾은 미국 우버 드라이버 주행행태를 추적한 결과 미국에서 평균적으로 우버가 픽업을 기다리며 배회하는 운전하는 데 소요되는 시간은 전체 라이드헤일링 운전 활동의 약 42%를 차지한다고 발표하였다.

공유 모빌리티 서비스가 극적인 환경영향을 창출하지 않는다는 연구결과도 존재한다. Ward et al. (2019)³⁴⁾은 우버 진입 시기가 미국 50개 주별로 다름에 착안하여 우버의 진입 여부*도시화 정도를 두 개의 처리변수로 한 이중차분모형을 분석했다. 이를 통해 우버 진입이 총주행거리, 등록대수, 배출량 등에 미친 영향을 밝혀내고자 했으나 우버 서비스 진입으로 인한 유의한 배출량 및 주행거리 변화를 찾지 못했다. Clewlow & Mishra (2017)³⁵⁾는 미국의 라이드헤일링 이용자와 비이용자 모두를 대상으로 설문조사한 결과 라이드헤일링 사용자가 비사용자보다 유의하게 적은 수의 차량을 소유하지는 않다고 결론지었다.

한편 모빌리티 서비스가 환경적으로 긍정적 또는 부정적 성과를 내는지 여부는 분석 대상 지역의 특성별로, 모빌리티 서비스에 대한 수요의 강도별로 상이했다. 먼저 분석 대상 지역이 도시인지 시골인지에 따라 기존 교통인프라의 차이로 인해 결과가 상이했다. Eckhardt et al. (2020)은 도시와 시골에서 MaaS 서비스의 대당 주행거리 영향을 분석했고 도시보다 시골에서 MaaS 서비스의 도입으로 인한 전체 차량의 대당 주행거리가 감소했음을 밝혔다. Clewlow (2016)³⁶⁾ 또한 샌프란시스코 내 인구

33) Union of Concerned Scientists. 2020. Ride-Hailing's Climate Risks.

34) Ward, J.W., Michalek, J.J., Azevedo, I.L., Samaras, C. & Ferreira, P., 2019. "Effects of on-demand ridesourcing on vehicle ownership, fuel consumption, vehicle miles traveled, and emissions per capita in U.S. States". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 108(3): 289-301.

35) Clewlow, R.R. & Mishra, G.S., 2017. "Disruptive Transportation: The adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States". Institute of Transportation Studies, Working Paper Series qt82w2z91j, Institute of Transportation Studies, UC Davis.

36) Clewlow, R, R, 2016. "Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area". *Transport Policy*. 51: 158-164.

밀도가 높은 도심지역의 카셰어링 이용자와 비이용자 간 자가용 보유대수의 차이가 인구밀도가 낮은 교외지역의 이용자와 비이용자 간 자가용 보유대수보다 두드러졌음을 확인했다.

그리고 모빌리티 공유 서비스에 대한 수요가 충분히 많아야 긍정적 환경영향이 나타났다. Labee et al. (2022) 또한 시나리오별 결과를 통해 MaaS 서비스의 채택률이 충분히 높아야 승용차에서 MaaS(대중교통 포함된 번들)로의 전환이 이루어지고 이로 인한 긍정적 환경영향이 나타날 수 있음을 보였다.

선행연구를 종합하면, 모빌리티 공유 서비스가 미치는 환경적 영향은 그 방향과 정도, 매커니즘이 상이하고 넓은 범위로 제시되어 확정적으로 말하기 어려운 측면이 있다. 그리고 연구 결과에는 서비스에 대한 수요의 강도 및 기존 교통인프라의 갖춰진 정도, 서비스차량의 친환경차 비중, 시골이나 도시 지역이라는 연구 조건이 상당한 영향을 미친다는 것도 확인할 수 있었다.

연구 방법을 종합하면, Kolleck (2021), Ward et al. (2019)를 제외하고는 대다수의 연구가 설문조사 기반의 자료로 분석되었음을 알 수 있다. 설문조사 기반의 통계적 방법으로 환경적 영향이 분석된 경우, 소비자의 실제 행동이 설문 답변과는 차이가 있을 수 있음을 감안하면 실측 자료를 기반으로 한 실증 연구보다는 신뢰성이 떨어진다는 단점이 있다. 게다가 설문 기반의 연구 중 카셰어링 이용자만을 대상으로 한 연구는 인구 전체를 대변하는 것이 아니기에 편향된 결과일 가능성이 있음을 고려해야 한다³⁷⁾. 본 연구는 이같이 한정된 인구를 대상으로 한 설문기반의 자료가 아닌 전국 시군구별 관측된 등록대수 및 주행거리 자료를 분석함으로써 이러한 편향을 회피한다.

37) Zhou, F et al. (2020)

제3장. 카셰어링 산업의 현황

제1절. 카셰어링 업계 연혁

국내 카셰어링 시장을 양분하고 있는 업체는 쏘카, 그린카이다. 두 기업은 창사와 동시에 전국 각 지자체의 주목을 받았다. 카셰어링 업체에게는 사람들이 자가용 대신 서비스 차량을 이용하도록 장려하여 이윤을 창출하고자 하는 동기가 있었고, 이것이 자가용 차량 운행대수를 줄여 교통혼잡, 주차문제 등을 해소하려는 지자체의 수요와 맞아떨어졌기 때문이다. 이에 2012년 그린카는 경기도 안산, 시흥, 수원시의 카셰어링 사업 파트너가 되었고 쏘카는 서울시의 카셰어링 사업 파트너가 되었다. 지자체별 카셰어링 프로그램은 지자체 재원으로 사업 관련 인프라를 카셰어링 업체가 저렴하게 이용하도록 하거나 고객의 카셰어링 요금 부담을 낮추는 방식으로 수행되었다. 예를 들면, 서울시의 1기, 2기 나눔카 사업의 경우 공공 주차장을 파트너 카셰어링업체가 50% 저렴한 요금으로 이용할 수 있게 하였다. 이러한 지자체의 적극적인 지원은 카셰어링 사업 초반 이용을 및 인지도를 높이는 데 기여했다.(Kim et al., 2019)

한편 카셰어링 업체는 보다 다양한 차종을 시승하고자 하는 고객 수요를 발빠르게 반영하여 2014년 전기차를 서비스 차종으로 도입하였다. 2014년 당시 국내 전기차 수가 2,775대 정도에 불과했다는 점을 고려하면 꽤나 이른 시기 도입한 것이다. 카셰어링 업체 내부 데이터의 부재로 총 몇 대의 전기차가 서비스차량으로 운행되어왔는지 알 수 없지만 카셰어링 서비스가 친환경차에 대한 소비자들의 호기심을 충족시켜 친환경차종 확산에 기여했음을 유추해 볼 수 있다.

분석대상인 쏘카, 그린카는 창립시기는 비슷하나 서비스를 최초로 시작한 지역은 구분된다. 지금으로부터 10년 전인 2011년 그린카는 서울에서, 쏘카는 제주에서 서비스를 개시했다. 이후 점차 여타 시군구로 서비스 지역을 확대해나가는 중이다³⁸⁾.

<표 4> 그린카, 쏘카 연혁

연월	업체	내용
2011.09	그린카	(서울, 경기) 창립, 상용화
2011.11	쏘카	(제주) 창립, 상용화
2012.07	그린카	안산,시흥,수원 등 지자체와 카셰어링 사업 추진
2012.09	쏘카	서울시 공식 카셰어링 나눔카 사업자 선정
2012.09	쏘카	수도권, 6대 광역시로 서비스 확대
2013.01	그린카	인천광역시 카셰어링 공식 사업자 선정
2013.02	그린카	서울특별시 카셰어링 브랜드 '나눔카' 공식사업자 선정
2013.06	그린카	28개 도시 입성
2014.07	그린카	레이 EV 전기차 도입
2014.09	쏘카	쏘카 6대 광역시 전국구 달성
2015.06	그린카	경기도 시흥시 카셰어링 공식 사업자 선정
2015.06	그린카	롯데렌탈 자회사로 편입
2016.05	그린카	서울특별시 카셰어링 사업 '나눔카 2기' 사업자 선정
2016.06	그린카	수원시-그린카 '전기차 카셰어링' 업무협약
2016.07	그린카	세종시 '어울링카' 공식 사업자 선정
2016.11	쏘카	세종시 '어울링카' 사업자 선정 및 개시
2016.12	쏘카	부산,울산,경남 공유차 1천대 돌파
2014..05	그린카	편도 서비스 개시(제주도)
2015.10.	그린카	편도 서비스 확장(전국)
2022.09	쏘카	편도 서비스 개시(전국)

출처 : 그린카, 쏘카 공식홈페이지 및 관련 기사 종합

제2절. 카셰어링의 사업성

카셰어링 서비스는 반납을 편도로 해야 하는 불편함과 택시 등 여타 대중교통에 비해 비싸다는 약점이 있었다.

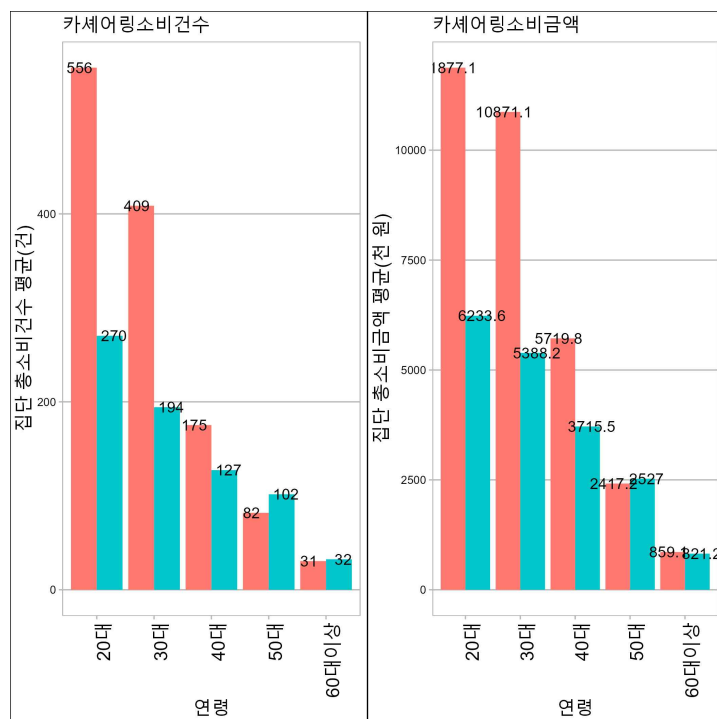
하지만 카셰어링의 사업성을 용이하게 하는 여건도 발생하고 있다. 첫째, 소비자의 인식이 변화하고 있다. 차량을 ‘소유’하는 것이 아니라 ‘사용’하는 것으로 여기는 인식이 젊은 세대 위주로 확산되고 있다.

이탈리아에서 18세~30세 인구를 대상으로 “장차 구입하고자 하는 차종

38) 각 시군구에 서비스가 처음 진입한 시기는 <표 6> 과 [그림 7]을 참고.

이 무엇입니까”를 질문한 결과, 다섯명 중 한명(20%)은 자동차 소유에
아예 관심이 없다고 답했다. 대중교통이나 공유시스템 등 대안적 수단이
충분히 갖춰진다면 차량 소유를 하지 않을 것이라는 답변도 60%에 달했
다³⁹⁾.

[그림 1] 연령별 카셰어링 소비건수 및 소비금액



롯데카드, 카셰어링서비스 소비 트렌드 자료를 저자본인이 재구성

젊은 세대의 차량 공유에 대한 수용성은 우리나라의 카셰어링서비스 소
비 지출을 통해서도 확인할 수 있다. [그림 1]은 롯데카드사의 2021년 성
별 연령별 카셰어링부문 소비건수 및 소비금액을 나타낸 그래프이다. 청

39) Costa, E., 2015.04.17. Young people increasingly uninterested in car ownership. CF News. https://www.unive.it/pag/16584/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=11705&cHash=c78cc14e516e2512f7d0a3a8039c9875. Accessed 08 May. 2023.

년층(2~30대)의 카셰어링 소비건수가 중장년(4~60대)의 카셰어링 소비건수보다 약 74% 많으며, 소비금액으로는 약 69% 많음을 확인할 수 있다.

한편 2021년 영국에서 차량공유 서비스를 이용자하는 동기를 설문한 결과, 28%가 차량소유의 ‘번거로움’을 피하고 싶어서라고 답했고, 응답의 73%가 자동차를 소유하는 것보다 공유하는 것이 많은 돈을 절약할 수 있을 것이기 때문이라고 답했다. 이처럼 영국에서 발견된 차량 공유 서비스 이용자들의 이용 동기는 자동차 소유에 따른 불편이었고, 소유를 바라보는 새로운 관점이 확산되고 있음을 시사한다⁴⁰⁾.

해외 소비자들 뿐 아니라 우리나라 소비자들도 차량 소유에서 공유로의 패러다임을 받아들이고 있다. 2020년 시장조사기업 엠브레인이 국내 운전면허증을 보유한 만 19-59세 성인남녀 1000명 대상으로 조사한 결과, 자동는 ‘소유’ 하는 것이 아니라 ‘사용’ 하는 것이라는 답변이 77%에 달했고 자동차는 응당 소유해야 만족감을 느낄 수 있는 것인가라는 질문에 대한 답변에 그렇다라는 답변은 43%에 불과했다⁴¹⁾. 또한, 2023년 카셰어링 업체 쏘카가 만 25-54세 국내 운전 경험자 1천 200명을 대상으로 조사한 결과, 차량공유 서비스가 세컨드카를 대체할 수 있는 서비스라는 질문에 43.8%가 그렇다고 답변하였으며 ‘직업이나 가족 이슈가 없다면 자가용 없이 생활할 수 있다’ 라는 질문에 48.1%가 그렇다고 답하였다⁴²⁾.

또한 택시와의 요금 패리티가 달성 가능해 보인다. 2023년 2월부터 서울택시에 적용된 ‘택시운송사업 운임 요율 조정’은 심야시간대 택시할증과 기본요금 상향 조정을 골자로 한다⁴³⁾. 이로 인해 택시에 대한 카셰어링의 요금 경쟁력이 생겼다.

40) CoMoUK. 2022. Car Club Annual Rport United Kingdom 2021.

41) 트렌드모니터. 2020.05. 자동차의 소유보다는 ‘사용’ 가치를 중요하게 생각하는 요즘 소비자들. <https://www.trendmonitor.co.kr/tmweb/trend/allTrend/detail.do?bIdx=1948&code=0304&trendType=CKOREA>. 2023년 05월 08일 검색.

42) 김성현. 2023.05.15. “쏘카, “자차 소유자 10명 중 9명, 차량 이용시간 하루 2시간 미만”. ZDNET Korea. <https://n.news.naver.com/article/092/0002292161>. 2023년 05월 21일 검색.

43) 서울특별시. 「택시운송사업 운임.요율 조정 결정 공고」, <https://news.seoul.go.kr/traffic/archives/508758>. 2023년 05월 10일 검색.

<표 5> 현대자동차·기아 주요품목 가격변동추이(단위: 천 원)

회사	품목	2022년	2021년	2020년
현대자동차	승용	50,316	47,587	41,823
	RV	46,407	42,382	41,774
기아	승용	34,341	33,659	33,090
	RV	43,559	41,308	36,262

현대자동차(2023), 기아(2023)

마지막으로 신차 가격이 고가화되고 있다는 점도 카셰어링에 유리하게 작용할 수 있다. 현대자동차의 2022년 사업보고서에 따르면 2020년부터 2022년까지 승용차 주요제품의 평균가격은 5천만원을 돌파하였다. 기아 또한 동기간 승용차 가격이 3,309만원에서 3,434만원으로 약 3.7% 가량 올랐다. 이에 따라 소비자들의 신차 구매 의향도 위축되고 있다. Deloitte의 자동차구매의향지수(VPI) 조사⁴⁴⁾에 따르면 2022년 80을 웃돌던⁴⁵⁾ 한국 소비자의 자동차구매의향지수는 2023년 2월 62.6까지 떨어졌다⁴⁶⁾.

이같은 신차의 전반적인 고가화와 이에 따른 소비자들의 자가용 구매의향 위축은 미래 카셰어링의 점유율 및 영향력에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

제3절. 카셰어링 차고지 현황

보도에 따르면 쏘카는 2022년 9월 기준 4,700여개의 쏘카존을 운영 중이며 그린카는 그린존 3,200여개를 운영⁴⁷⁾하고 있다. 두 업체의 카셰어

44) 자동차구매의향지수(Vehicle Purchase Intent, VPI) : 향후 6개월 내 자동차를 구입할 의향이 있는 소비자의 비율

45) Deloitte. 2022. 카플레이션 시대, 자동차구매의향 감소 조짐...대응전략은.

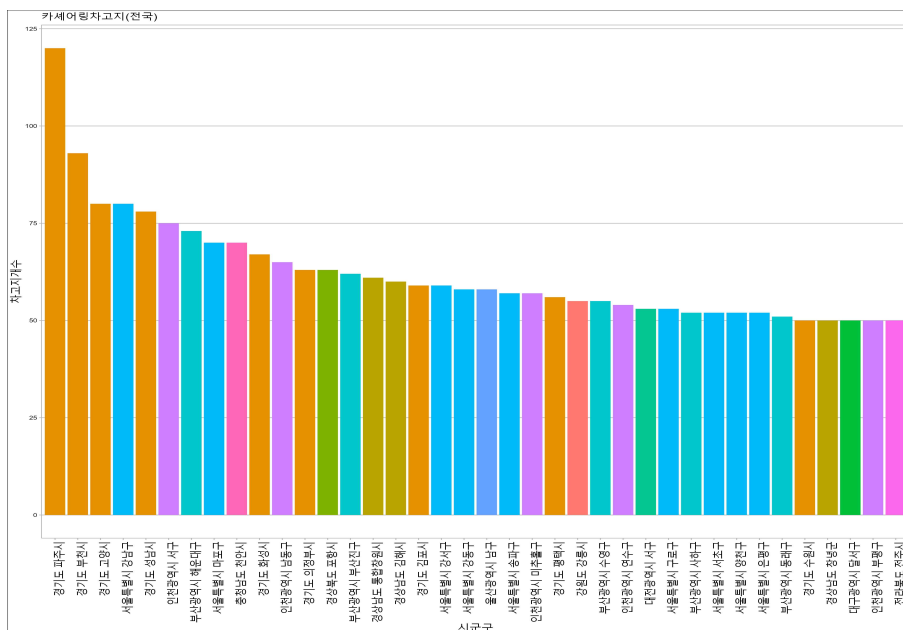
46) 이강준. 2023.04.28. "너무 비싸진 車, 도저히 못 사겠다"...韓 차량 구매의향 지수 최저치. 머니투데이. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023042809185475256>. 2023년 05월 10일 검색.

링 운영차량은 약 3만대(쏘카 1만 9,000여 대, 그린카 1만 1,000여 대)로 2022년 전체 자동차 등록대수의 0.12% 정도를 차지하고 있다. 그러나 시군구별로 카셰어링 차고지의 수 및 운영 차량의 대수가 달라 전체차량에서 차지하는 비중 또한 시군구별로 상이할 것으로 예상된다.

또한 카셰어링이 진입하여 서비스를 개시한 시군구라 하더라도 보유한 차고지의 개수에 따라 서비스에 대한 접근성이 현저히 다르다. 전국 그린카 및 쏘카 차고지의 위치 정보는 공공데이터포털 및 각 사 앱에서 구득할 수 있었다.

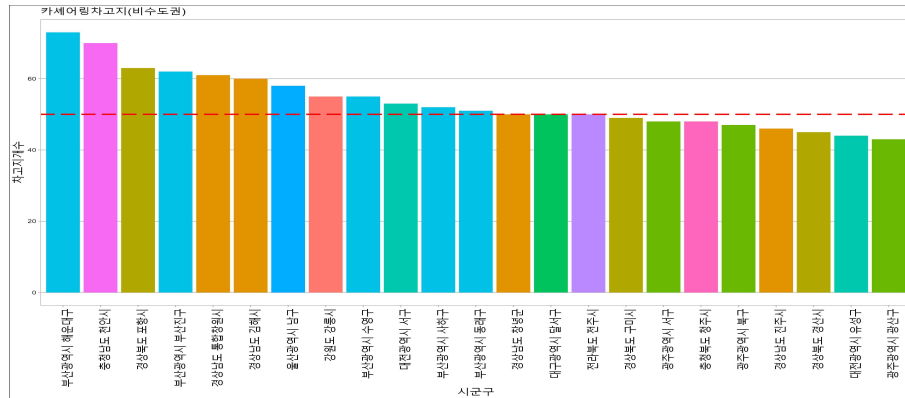
[그림 2]는 전국의 쏘카와 그린카 차고지 합이 50개가 넘는 시군구(이하 차고지 다보유 시군구)들이다. 서울, 인천, 경기, 부산 등의 대도시에 차고지 다보유 시군구가 다수 포진한 것을 확인할 수 있다.

[그림 2] 전국 차고지 다보유 시군구

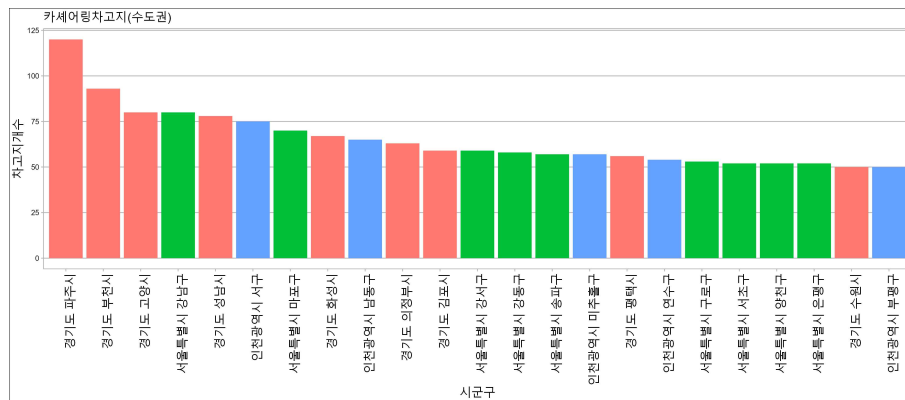


47) 권정두. 2022.09.14. ‘더딘 성장’ 그린카...점점 더 벌어지는 쏘카와의 격차. 시사위크. <http://www.sisaweek.com/news/articleView.html?idxno=156415>. 2023년 03월 01일 검색.

[그림 3] 비수도권 차고지 다보유 시군구



[그림 4] 수도권 차고지 다보유 시군구



서울, 경기, 인천을 제외한 비수도권의 카셰어링 차고지 다보유 시군구는 15개인데, 이는 수도권의 차고지 다보유 시군구가 23개인 것과 대비된다. 또한, 비수도권 시군구 중에는 카셰어링 차고지가 아예 없는 시군구가 44개였으며, 있다 하더라도 다섯 개 미만인 시군구까지 포함하면 차고지에 대한 접근성이 현저히 떨어지는 지역이 비수도권에만 77개 지역이 있음을 확인하였다. 수도권의 경우, 차고지 수가 다섯 개 미만인 지역은 경기도 양평군(5개)과 인천광역시 옹진군(0개) 단 2곳뿐이었다.

이처럼 카셰어링 차고지는 국토 전역에 고르게 분포하지 않는다. 또한, 같은 시도라도 특정 대도시 시군구 위주에 집중적으로 분포한다. 이러한

경향은 비수도권 지역에서 더욱 두드러졌다.

따라서 분석 대상 지역은 시도단위가 아니라 시군구 단위로 하는 것이 정확하다. 또한 시군구별 카셰어링 차고지에 대한 접근성과 종속변수 변화의 관계를 분석모형에 반영하면 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 예상된다.

제4장. 연구 방법론

제1절. 가설수립

본 연구에서 수행하고자 하는 카셰어링 진입의 등록대수 및 주행거리에 대한 영향에 대한 가설은 <표 6>에 정리되어 있다.

<표 6> 연구의 가설

가설		내용
등록 대수	가설 1	카셰어링이 진입한 시군구는 등록대수가 감소했을 것이다.
	가설 1-1	카셰어링 진입으로 인해 등록대수가 감소한 정도는 도시지역과 시골지역에서 다를 것이다.
	가설 1-2	서비스 접근성이 좋은 지역에서 다른 지역보다 카셰어링 이용으로 인한 등록대수의 감소 효과가 컸을 것이다.
주행 거리	가설 2	카셰어링이 진입한 시군구는 주행거리가 감소했을 것이다.
	가설 2-1	카셰어링 진입으로 인해 주행거리가 감소한 정도는 도시지역과 시골지역에서 다를 것이다.
	가설 2-2	서비스 접근성이 좋은 지역에서 다른 지역보다 카셰어링 이용으로 인한 주행거리 감소 효과가 컸을 것이다.

가설1. 카셰어링이 진입한 시군구는 등록대수가 감소했을 것이다.

설문 기반의 기존 연구에 의하면 카셰어링 이용자 중 다수는 카셰어링 경험 후 신차 구매 시기를 지연시키거나 기존에 사용하던 차량을 처분한다고 답했다. Kim et al. (2019)은 2013년 서울시에서 시행한 공공 카셰어링 서비스 ‘나눔카’ 이용자에 대해 신차 구매 의사를 단념했는지 여부를 설문조사 후 로지스틱 회귀분석을 이용해 분석했다. 그 결과 약 31%의 이용자가 기존차량을 처분하거나 신차 구매 시기를 지연할 것이란 의

사를 밝혔다.

Nijland & Meerkerk (2017)⁴⁸⁾은 네덜란드 140000명의 인구에게 카셰어링 도입 전후 차량 소유 여부에 대해 설문조사했다. 그 결과 카셰어링 도입 전 인당 실제 보유차량은 0.89대에서 2017년 0.72대로 19%가량 유의하게 감소했다. 또한, 차량을 구매하지 않았지만 만약 카셰어링이 도입되지 않았으면 구매했을 것이라는 답변을 기반으로 추산한 ‘단념된 신차 구매량’ 까지 포함하면 2014년 1.12대에서 2017년 0.72대로 57%의 신차 구매를 방지한 셈이라 밝혔다.

한편 Zhou et al. (2020)가 호주에서 수행한 온라인 설문조사 결과에 의하면 카셰어링의 잠재적 소비자들은 카셰어링 때문에 기존에 보유하고 있던 차량을 줄이지는 않을 것으로 나타났고, 이것은 과거의 연구가 카셰어링 이용으로 인한 차량 등록대수 감소 효과를 과대추정했을 수 있다는 의혹을 제기했다.

비록 선행연구들이 일관된 결과를 내지는 않았지만, 본 연구는 연구 결과의 크고 작은 차이가 연구 대상이 된 지역의 도시화 정도 및 카셰어링 차고지에의 접근 가능성에 기인한다고 간주하고, 카셰어링이 기본적으로 자가용을 대체하여 시군구의 자가용 등록대수를 줄였을 것이라 가설을 세웠다.

가설1-1. 카셰어링 진입으로 인해 등록대수가 감소한 정도는 도시지역과 시골지역에서 다를 것이다.

Clewlow (2016)⁴⁹⁾의 연구결과에 의하면 오로지 인구밀도가 높은 도심지역에서만 카셰어링 이용자의 차량 보유 대수(0.58대)가 대조군(0.96대)보다 유의하게 적었다. 그러나 인구밀도가 그보다 낮은 교외·시골 지역

48) Nijland, H. & Meerkerk, J., 2017, "Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands". *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 23(June 2017): 84-91.

49) Clewlow, R, R, 2016, "Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area". *Transport Policy*. 51: 158-164.

에서는 카셰어링 이용자라고 해서 뚜렷이 적은 자가용 보유대수를 나타내지 않았다.

또한, Kim et al. (2019)⁵⁰⁾에 의하면 카셰어링 이용자의 인구통계적 특성에 따라 카셰어링 이용으로 인해 차량을 처분하거나 신차구매를 지연시킬 확률이 다른 것으로 나타났다.

대한민국은 시군구의 도시화 정도에 따라 인구의 구성과 인당 소득이 다르다. 특히, 도시화 정도가 높은 지역의 인구 연령대가 보다 젊고 소득이 높은 경향이 있다. 이로 인해 도시화 정도가 다른 시군구라면 카셰어링 개시로 인한 차량등록대수 영향이 상이할 것임을 유추해 볼 수 있다.

Yan & Passmore (2013)⁵¹⁾에 의하면 밀집된 도시공간은 주차공간이 적어 카셰어링으로 인해 주차의 불편을 해소할 가능성이 있었다. 따라서 주차공간이 협소한 도시지역이 시골지역보다 카셰어링으로 인한 차량 등록대수 감소 잠재량이 클 것으로 예상된다.

가설1-2. 서비스 접근성이 좋은 지역에서 다른 지역보다 카셰어링 이용으로 인한 등록대수의 감소 효과가 컸을 것이다.

Zhou et al. (2020)⁵²⁾에 따르면 설문조사 대상자들의 차고지의 위치가 집에서 먼 경우 카셰어링 이용 의지와 자가용 차량 처분 가능성 모두 유의하게 낮았다. 또한, Kim et al. (2019)⁵³⁾에 의하면 카셰어링 서비스 경험에 대해 만족했을수록 기존차량을 처분하거나 신차 구매를 지연할 확

50) Kim, D., Park, Y. & Ko, J., 2019. "Factors underlying vehicle ownership reduction among carsharing users: A repeated cross-sectional analysis". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 76(November 2019): 123-137.

51) Yan, J. E. & Passmore, D., 2013, "Carsharing and Car Ownership at the Building Scale". *Journal of the American Planning Association* 79(1):82-91.

52) Zhou, F., Zheng, Z., Whitehead, J., Perrons, R.K., Washington, S. & Page, L., 2020. "Examining the impact of car-sharing on private vehicle ownership". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 138: 322-341.

53) Kim, D. et al., 2019, "Factors underlying vehicle ownership reduction among carsharing users: A repeated cross-sectional analysis". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 76: 123-137.

률이 유의하게 높았다.

이러한 기존 연구결과를 토대로, 카셰어링 차고지 서비스의 접근성이 떨어지면 진입 후 자동차 등록대수 감소도 영향도 미미했을 것이라는 가설을 세웠다. 차고지의 위치가 주거지로부터 멀어지면 서비스 경험도 좋지 않을 것이기 때문이다.

가설2. 카셰어링이 진입한 시군구는 주행거리가 감소했을 것이다.

선행연구에 의하면 차고지 기반 B2C 카셰어링 사용자들의 자동차 주행거리가 이용 전에 비해 줄어들었으며, 그 정도는 분석 시기별, 분석 대상 도시별로 상이했다.

Nijland & Meerkerk (2017)의 네덜란드 설문 연구에 의하면 카셰어링 서비스 이용자는 카셰어링을 이용하기 전보다 이용 후에 승용차 주행거리가 15-20% 가량 줄어들었다. 서비스 이용 후 주행거리를 줄이는 반응은 P2P 카셰어링 이용자보다 본 연구의 분석대상인 B2C 카셰어링 이용자들에게서 뚜렷이 나타났다.

Martin & Shaheen (2012)⁵⁴⁾은 북미에서 자가용을 보유한 동시에 카셰어링 서비스를 이용해본 사람들만을 대상으로 설문한 결과 카셰어링 서비스 이용 전보다 카셰어링 이용 후 자가용을 연평균 800 km 덜 주행하게 된 것으로 나타났다.

가설2-1. 카셰어링 진입으로 인해 주행거리가 감소한 정도는 도시지역과 시골지역에서 다를 것이다.

Eckhardt et al. (2020)⁵⁵⁾의 연구 결과에 의하면 승차공유를 포함시킨

54) Martin, E. & Shaheen, S.A., 2012. "Greenhouse Gas Emission Impacts of Carsharing in North America". IEEE Transactions on Intelligent Transport Systems. 12(4): 1074-1086.

55) Eckhardt, J., Lauhkonen, A. & Aapaoja, A., 2020. "Impact assessment of rural PPP MaaS pilots". European Transport Research Review. 12(1): 49.

MaaS 서비스 도입은 시골 지역에서 대중교통 이용률을 증가시키는 것으로 나타났다. 농촌 지역에서는 대중교통 수단이 제한적이며, 이에 따라 카셰어링 서비스가 농촌 지역에서 대중교통의 공백을 메우는 역할을 수행했기 때문이다. 뿐만 아니라 모빌리티 서비스가 기차역/버스정류장까지의 퍼스트/라스트마일을 자가용 대신에 담당하는 방식으로 기존 대중교통체계를 보완한다면 자가용 주행거리를 감소시킬 수 있다. 한편, 시골 지역은 대중교통이 불편해 실현되지 못했던 이동수요가 모빌리티 공유 서비스가 진입함으로 인해 실현되면서 전체 자동차 주행거리가 늘어날 가능성이 있다.

도시 지역의 경우 자가용 이용에 대한 매력도가 시골 지역보다 떨어진다. 다른 한편으로는 공공부문이 제공하는 저렴한 대중교통 서비스가 잘 구축되어 있는 수도권 여건에서 사적부문이 제공하는 카셰어링이라는 유료 서비스의 매력을 크게 느낄 수 있을지 확인할 수 없다.

이에 본 연구에서는 카셰어링 서비스가 도입된 지역에서 자가용 주행거리가 줄어든 정도가 달랐을 것이라는 가설을 수립했다.

가설2-2. 서비스 접근성이 좋은 지역에서 다른 지역보다 카셰어링 이용으로 인한 주행거리 감소 효과가 컸을 것이다.

가설 1-2와 맥을 같이 하는 가설로써, 카셰어링 차고지 서비스의 접근성이 멀어지면 이용율이 저조하여 주행거리 감소 영향도 미미했을 것이라는 가설을 세웠다.

제2절. 데이터

제1항. 데이터셋 구분

본 연구의 분석을 위한 종속변수는 시군구별 승용차(전체, 자가용) 등록대수와 시군구별 승용차 주행거리이다. 그런데 두 데이터의 구득 가능한

시계열이 달랐다. 시군구별 승용차 등록대수의 경우 2010년부터 존재했지만, 시군구별 승용차 주행거리의 경우 2012년부터 데이터가 존재했다. 이에 분석 대상 전체 데이터셋을 시계열 존재 여부에 따라 등록대수 데이터셋(N=2,497)과 주행거리 데이터셋(N=2,403) 두 개로 분리하였다. 두 데이터셋 간의 표본 수 차이는 2년의 시계열 차이에 기인한다.

<표 7> 분석 데이터셋

	데이터셋1. 등록대수	데이터셋2. 주행거리
표본 수	2,497	2,043
시계열	2010년-2020년	2012년-2020년
분석대상	1개 시도(제주도) 및 226개 시군구	

제2항. 변수설명

1. 승용차 등록대수 및 주행거리

카셰어링 서비스의 진입 및 이용가능성이 환경 측면에 미칠 것으로 예상되는 영향은 신차 구매의 단념 또는 구매시기 지연이다. 즉 카셰어링이 대중교통의 보완 역할을 제대로 수행하고 자가용 차량에 대한 대체재로 인식되면, 자가용 차량 등록대수를 감소시킬 것으로 기대된다.

한편, 카셰어링의 이용이 차량 미보유자의 자동차 이용 편의성을 제공했다면, 주행거리가 늘어났을 수 있다. 한편 카셰어링이 기차역, 버스정류장까지의 퍼스트/라스트 마일을 담당하는 방식으로 기존 대중교통체계를 보완하는 역할을 충실히 수행했다면, 자가용으로 이동했을 거리가 대중교통으로 대체되어 자동차 주행거리가 줄어들었을 수 있다.

이러한 영향을 살펴보고자 본 연구 모형의 종속변수로 천인당 전체, 자가용 승용차 등록대수와 연간 주행거리를 사용한다.

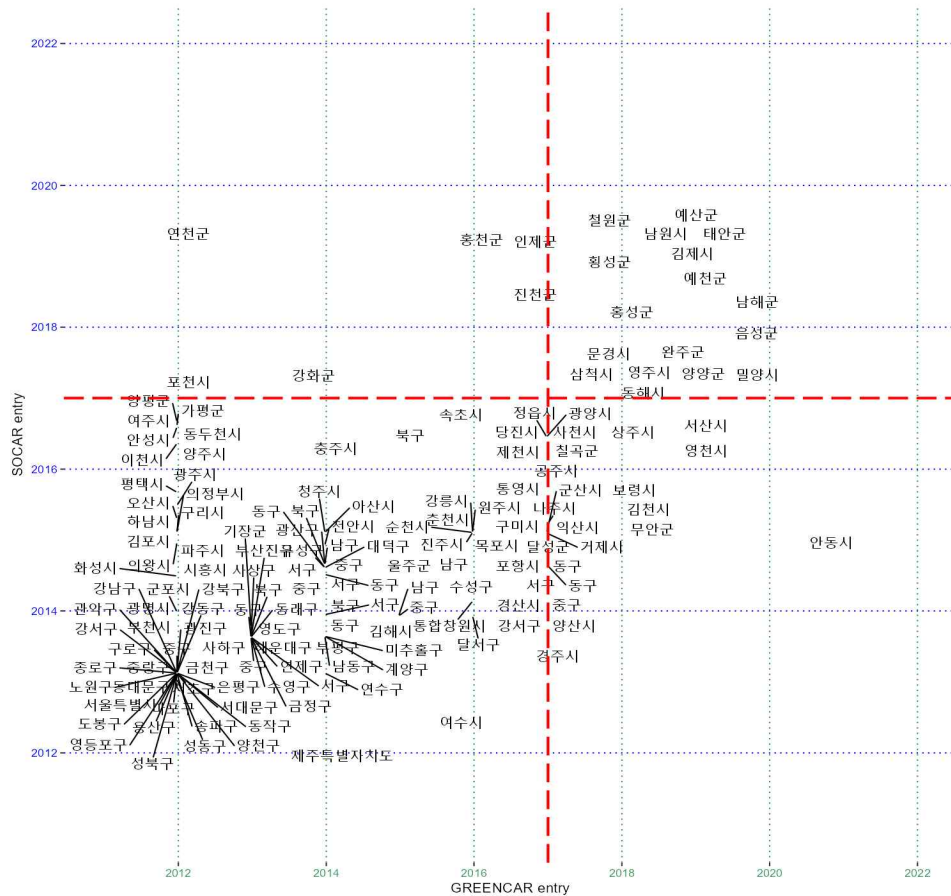
2. 카셰어링 진입

카셰어링 진입 변수는 모형 내에서 시군구의 해당 연도의 카셰어링 서비스 개시 여부를 의미한다. 시군구에 서비스가 개시하기 전은 0, 개시한 이후는 1이다.

우리나라에서 카셰어링 서비스는 시도, 시군구별로 다른 기수에 점진적으로 보급되었다. 그래서 어느 한 기수만을 일괄적으로 카셰어링 서비스 시작 시기로 간주해서는 정확한 분석이 불가능하다. 이에 시군구별로 쏘카, 그린카 차고지가 처음 생긴 연도 데이터를 구득했다. 이후 각 시군구에 먼저 진입한 기업(선행기업)의 진입년도를 기준으로 진입 전은 0, 진입 이후는 1로 하여 더미변수를 설정하였다. 예를 들면 카셰어링 서비스를 2011년부터 개시한 제주도는 2015년에 1의 값을, 2018년부터 개시한 경상남도 남해군은 2015년에 0의 값을 가진다.

[그림 5]의 x축은 그린카가 진입한 연도, y축은 쏘카가 진입한 연도를 나타낸다. [그림 5]의 제 1, 3사분면은 쏘카와 그린카가 비슷한 시기에 진입한 시군구이다. 제 1사분면의 시군구(동해시, 삼척시, 양양군, 철원군, 횡성군, 남해군, 밀양시, 문경시, 영주시, 예천군, 김제시, 남원시, 완주군, 예산군, 태안군, 홍성군, 음성군)의 경우, 쏘카와 그린카 모두 2016년 이후 후발 진입한 시군구이며, 제 3사분면의 시군구는 쏘카와 그린카 모두 2016년 이전 이른 시기 진입한 선발 진입 시군구에 해당한다. 인구가 많고 수요가 있을 만한 대부분의 시군구에 두 업체 모두 2016년 이전에 카셰어링 차고지가 적어도 하나 진입했기 때문에, 나머지 사분면을 제외한 모든 시군구가 여기 제 3사분면에 속한다.

[그림 5] 그린카, 쏘카 진입 연도



제 2, 4사분면은 쏘카와 그린카의 진입 시기 간에 차이가 있는 시군구이다. 제 2사분면에 위치한 시군구(김천시, 상주시, 안동시, 영천시, 무안군, 보령시, 서산시)는 그린카가 쏘카보다 이른 시기에 진입한 시군구이며, 4사분면에 있는 시군구(인제군, 홍천군, 연천군, 포천시, 강화군, 진천군)들은 쏘카가 그린카보다 이른 시기에 진입한 시군구이다.

한편, 쏘카와 그린카 둘 다 진입하지 않은 72개 시군구는 2010년부터 2020년까지 서비스 진입 변수의 값이 모두 0이다.

3. 도시화 수준과 서비스 접근성

앞서 시군구의 도시화 수준과 서비스 접근성에 따라 연구 결과에 차이가 있을 것이라 가설을 세웠다. 이를 검증하기 위해 우선 시군구의 도시화 수준은 도시지역 인구비중(도시지역인구÷인구) 순으로 나열한 뒤, 도시지역 인구비중이 0.6보다 낮은 74개 시군구는 시골(rural)군으로, 도시지역 인구비중이 0.9보다 높은 100개 시군구는 도시(urban)군으로, 그 사이의 값을 갖는 나머지 53개 시군구는 평균(avg)군으로 구분했다. 도시화 수준별로 시군구를 구분한 내역은 <부록 표 2>에 나타나 있다.

또한, 시군구의 카셰어링 서비스 차고지에 대한 접근성으로도 변수를 생성했다. 차고지 접근성의 정도는 해당 시군구의 면적 대비 시군구 내 쏘카존, 그린카존의 개수로 정의했다. 면적 대비 카셰어링 차고지 수가 많을수록 접근성이 좋고, 카셰어링 차고지의 수가 시군구 내에 적을수록 카셰어링 서비스에 대한 접근성은 나쁘다. 전체 시군구 중 면적 대비 차고지 개수가 상위권인 51개 시군구를 ‘good’ 그룹에, 52위~104위인 시군구를 ‘soso’ 그룹에, 105위~153위인 시군구를 ‘bad’ 그룹에 포함시켰다. 분류에 포함되지 않은 72개 시군구는 쏘카와 그린카가 2020년까지 아직 진입하지 않은 시군구이므로, 이들 72개 시군구는 차고지 접근성에 따른 이종차분 모형에서 제외한다. 차고지 접근성에 따라 시군구를 구분한 내역은 <부록 표 1>에 나타나 있다.

이렇게 생성된 시군구별 도시화 수준과 시군구별 차고지 접근성이라는 수준별 변수는 카셰어링 서비스 개시 여부에 대한 정보를 담고 있는 서비스 진입 변수와 결합하여 시군구의 도시화 정도와 카셰어링 서비스 진입으로 인한 이종차분 효과 또는 시군구별 카셰어링 차고지 접근성과 서비스 진입으로 인한 이종차분 효과를 보여준다.

4. 기타 변수

카셰어링의 진입 시기, 시군구별 도시화 정도, 차고지 접근성 이외에도

종속변수에 영향을 미치는 기타 변수들을 선정하였다. 기타 독립변수들은 모형의 설명력을 높이고 이중차분 계수의 표준 오차를 줄이기 위해 필요하다(Wooldridge, 2010). 본 연구의 첫 번째 종속변수인 등록대수에 영향을 줄 것으로 선정한 기타 변수는 휘발유 가격, log(인구밀도), 인당 GRDP, 304050대 인구비중, 도시지역 인구비중, 실업률이다. 두 번째 종속변수인 주행거리에 영향을 줄 것으로 선정한 기타 변수들은 인구, 휘발유가격, 인구밀도, 인당GRDP, 304050대 인구비중, 도시지역 인구비중이다.

본 연구의 기타 독립변수 중 인당 GRDP와 실업률은 시군구의 연도별 경제 규모, 소득 및 경제적 상황의 변화를 드러내며 인구, 304050대 인구비중, 인구밀도는 시군구규모, 인구구조와 도시화 정도를 나타낸다. 그리고 휘발유 가격은 경제적 상황, 승용차 소유 및 운행의 비용을 대표하는 변수이다. 각 변수의 단위와 기술통계는 <표 8>, <표 9>에 명시하였고, 원시자료의 구득 및 변환 과정은 <표 10>에 명시하였다.

<표 8> 변수별 기술통계(데이터셋1)

변수명	단위	mean	sd	median	min	max	skew	se
천인당등록대수 (전체승용차)	대	321.34	98.48	309.82	159.95	1750.55	5.54	1.97
천인당등록대수 (자가용승용차)	대	305.4	65.04	301.87	3.35	797.22	0.82	1.3
카셰어링 진입	0(N=1,453)				1(N=1,044)			
휘발유가격	원/L	1670.77	274.79	1529.39	1231.59	2377.73	0.19	5.5
log(인구밀도)	log (명/km ²)	6.48	2.15	6.13	2.96	10.27	0.25	0.04
인당 GRDP	백만원/인	34.5	35.63	27.06	0	671.75	7.75	0.71
304050대 인구비중	%	45.01	4.42	46.15	32.04	52.03	-0.53	0.09
도시지역 인구비중	%	73.96	27.43	83.77	0	100	-0.55	0.55
실업률	%	0.03	0.02	0.03	0	0.22	2.73	0

<표 9> 변수별 기술통계(데이터셋2)

변수명	단위	mean	sd	median	min	max	skew	se
연간주행거리 (전체승용차)	십 만km	9703.33	10229.55	6329.61	288.58	81162.51	2.25	226.32
연간주행거리 (자가용승용차)	십 만km	8619.47	8823.54	5784.99	252.28	55289.23	2.06	195.21
카셰어링 진입	0(N=1,001)				1(N=1,042)			
log(인구)	log(명)	17816.13	16087.97	12298.54	996	85901.88	1.47	355.93
휘발유가격	원/L	1607.27	261.23	1495.58	1231.59	2377.73	0.64	5.78
log(인구밀도)	log (명/km ²)	6.48	2.15	6.14	2.96	10.26	0.24	0.05
인당GRDP	백만원/인	35.28	36.65	27.76	0	671.75	7.84	0.81
304050대 인구비중	%	44.89	4.5	46.09	32.04	52.03	-0.51	0.1
도시지역 인구비중	%	74.22	27.28	84.17	0	100	-0.56	0.6

<표 10> 변수별 원시자료 내역

변수명	단위	출처	비고
승용차등록대수 (전체)	대	「자동차등록현황보고」, 국토교통부	천인당 등록대수로 변환
승용차등록대수 (자가용)	대	「자동차등록현황보고」, 국토교통부	천인당 등록대수로 변환
승용차주행거리 (전체)	10만km (연간)	「자동차주행거리통계」, 한국교통안전공단	천 km를 연간 10만km로 변환
승용차주행거리 (자가용)	10만km (연간)	「자동차주행거리통계」, 한국교통안전공단	천 km를 연간 10만km로 변환
쏘카 진입년도	연	쏘카 데이터팀	연도를 더미변수(0,1) 로 변환
그린카 진입년도	연	그린카 홈페이지	
인구밀도	명/km2	「지적통계」, 국토교통부 「주민등록인구현황」, 행정안전부	인구÷면적
도시지역인구수	명	「도시계획현황」, 한국국토정보공사	
인당 GRDP	백만원	「지역통계」, 통계청	화폐단위 통일(2015년 원), 일부 시군구 시계열 연장
인구수	명	「주민등록인구현황」, 행정안전부	
304050대 인구비중	%	「주민등록인구현황」, 행정안전부	304050대 인구수÷인구
도시지역 인구비중	%	「주민등록인구현황」, 행정안전부	도시지역인구수÷인구
휘발유가격	원/L	오피넷	화폐단위 통일(2015년 원)
면적	km2	「지적통계」, 국토교통부	m ² 을 km ² 으로 변환함
실업률	%	「지역별고용조사」, 통계청(4분기)	4분기 자료를 사용함

한편, 모든 분석대상 시계열(2010-2020년)과 분석대상 시군구에 대한 통일된 GRDP 자료는 존재하지 않았다. 또한, 시군구별로 집계 시작 시기가 달랐다. 이에 2011년 이전 시계열에 대해 시계열 연장을 수행했다. 각 시군구가 속한 시도의 통계연보를 통해 자료를 구득하고 구계열의 실질계열(물량) 증감률을 사용하여 시계열을 연장하였다.

시군구별 휘발유 가격 변수의 경우 1차적으로 오피넷 사이트에서 각 주

유소별 월평균 가격 자료를 구득하였다. 다음으로 각 주유소의 주소에서 시군구를 분리해 시군구별 월평균 가격을 생성했다. 이후 1,3,5,7,8,10,12월에 31의 가중치, 4,6,9,11월에 30, 2월에 28의 가중치 부여하여 월평균 가격을 연평균 가격으로 변환했다.

당해연도 명목 가격으로 표현된 휘발유 가격의 경우 물가상승배수를 곱해서 화폐단위를 2015년으로 통일하였다.

304050대 인구비중과 도시지역 인구비중 변수는 해석상의 용이를 위하여 백분율로 변환하였다. 인구밀도 변수의 경우 시군구별 면적과 시군구별 인구의 연도별 자료를 통해 직접 생성하였다.

제3절. 분석 모형

본 연구는 카셰어링 도입 이후의 자동차 소유대수 영향 및 주행거리 영향을 알아보고자 IPTW(Inverse probability of treatment weighting) 가중치를 적용한 이중차분법(Difference-In Difference, DiD)을 이용하였다.

제1항. IPTW 가중치

본 연구의 주요 방법론인 이중차분법에서 관심 있는 계수(이중차분 계수)가 인과적 영향이라고 할 수 있기 위한 가정에는 ‘평행한 추세 가정’이 있다. 즉 다른 시군구보다 먼저 카셰어링 서비스가 진입한 선발 시군구가 서비스를 개시하지 않았을 때의 종속변수 추세가 후발 시군구의 서비스 개시하지 않았을 때의 종속변수 추세와 동질적이어야만 본 방법론으로 추정된 결과가 타당하다고 볼 수 있다.

그런데 사실 선발 시군구의 서비스 진입이 없다고 가정했을 때의 종속변수 변화 추세가 후발 시군구의 종속변수 변화 추세와 완전히 동질적일 수는 없다. 시군구별로 카셰어링 서비스 진입 여부에 영향을 미치는 GRDP, 인구, 인구밀도 등이 상이하기 때문이다. 따라서 특정 연도에 특정 시군구가 서비스가 진입한 그룹(1)에 속하거나 서비스가 진입하지 않

은 그룹(0)에 속할 선택 편의를 줄여야 하고, 그 방법이 바로 IPTW(Inverse probability of treatment weighting) 가중치 방법이다. 즉 본 연구가 가중치 부여를 통해 달성하고자 하는 목표는 평행한 추세 가정을 만족시켜 두 그룹 간 기업 진입만의 순수한 효과를 비교가능하도록 하는 것이다.

1. 가중치 적용

IPTW 가중치 적용의 절차는 3단계이다. 첫째, 지역별 시기별 카세어링 진입이 0(진입 전) 또는 1(진입 후)이 될 확률에 영향을 미치는 변수를 식별해낸다. 그러한 변수의 식별을 위해 종속변수에 영향을 미치는 것으로 선정한 모든 기타 독립변수들이 서비스 진입 여부에 대해 유의한 차이가 있는지 t-검정을 수행했고 해당사항은 <표 11>, <표 12>에 나타나 있다.

<표 11> IPTW 가중치를 위한 변수 식별(데이터셋1)

	카세어링 진입		p-값
	0 (N=1,453)	1 (N=1,044)	
취발유가격	1762.8952 ± 265.3877	1542.5572 ± 233.1792	0.000
log(인구밀도)	5.5910 ± 1.9131	7.7174 ± 1.8360	0.000
인당 GRDP	31.6702 ± 27.8323	38.4416 ± 43.9695	0.000
304050대 인구비중	43.4937±4.6104	47.1151 ± 3.0783	0.000
도시지역 인구비중	62.7391 ± 27.7631	89.5836 ± 17.5410	0.000
실업률	0.0215 ± 0.0195	0.0352 ± 0.0112	0.000

<표 12> IPTW 가중치를 위한 변수 식별(데이터셋2)

	카셰어링 진입		p-값
	0 (N=1,001)	1 (N=1,042)	
log(인구)	12124.5322 ± 16864.4621	23283.7842 ± 13168.8511	0.000
휘발유가격	1675.5173 ± 271.8449	1541.7151 ± 232.5791	0.000
log(인구밀도)	5.1927 ± 1.6449	7.7143 ± 1.8365	0.000
인당GRDP	31.9378 ± 26.5648	38.4878 ± 43.9991	0.000
304050대 인구비중	42.5806 ± 4.5907	47.1128 ± 3.0808	0.000
도시지역 인구비중	58.2542 ± 26.4304	89.5636 ± 17.5519	0.000

t-검정을 통해 분석모형에서 등록대수 및 주행거리에 영향을 줄 것으로 여겨 관심 변수인 서비스 진입과 함께 이중차분 모형에 투입할 예정인 모든 기타 독립변수들이 등록대수 데이터셋에서 서비스 진입/미진입 군에 선택될 확률, 즉 서비스 진입 변수 값이 0 또는 1이 될 확률에 유의한 ($p\text{-값} < 0.01$) 영향을 미침을 확인하였다.

<표 11>, <표 12>에 명기된 모든 기타 독립변수들은 서비스가 진입한 군에 속할 확률 또는 서비스가 아직 진입하지 않은 군에 속할 확률을 결정하여, 서비스 진입만의 종속변수에 대한 효과를 회석(교란)시킨다. 본 연구의 ‘평행한 추세 가정’을 만족시키려면 시군구별 서비스 진입 또는 미진입 군에 속할 확률에 대한 이들 변수들의 영향력을 줄여야만 한다.

변수를 식별한 후에는 가중치를 만들기 위한 성향점수(Propensity Score)를 구한다. 성향점수란 앞서 식별한 영향변수에 의해 해당 지역의 서비스 진입 여부 변수가 0 또는 1일 확률(서비스가 진입/미진입일 확률)을 로짓 회귀로 구한 값이다. 수식(1) 상의 첫 번째 항의 P 는 카셰어링 서비스가 해당 연도 해당 시군구에 진입했을 확률을 의미하며, 이 확률은 기타 독립변수들(Z_{st})의 결합에 의해 결정된다.

$$\begin{aligned}
\log\left(\frac{P}{1-P}\right) &= f(Z_{st}) \\
&= \beta_0 + \beta_1 * \text{회발요금} + \beta_2 * \log(\text{인구밀도}) \\
&\quad + \beta_3 * \text{인당GRDP} + \beta_4 * 304050 \text{대인구비중} + \beta_5 * \text{도시지역인구비중} + \beta_6 * \text{실업률}
\end{aligned} \tag{1}$$

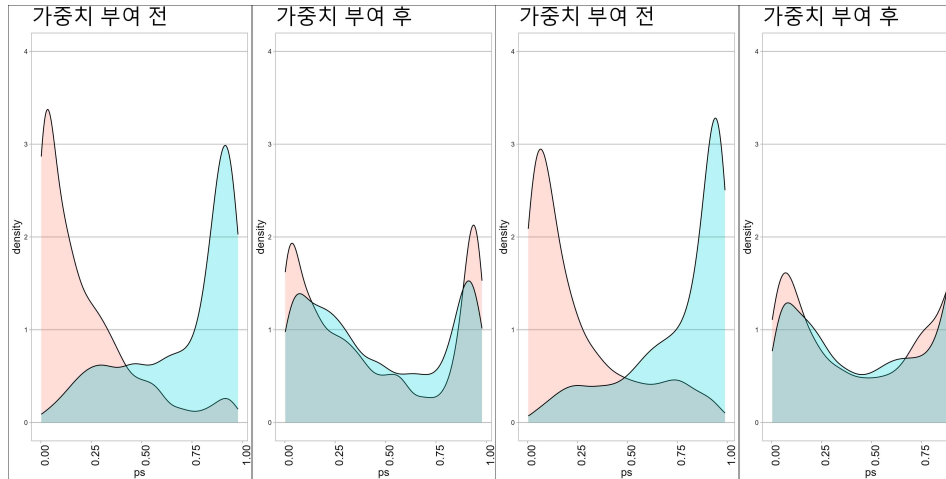
Chesnaye et al. (2022)⁵⁶⁾에 따르면 모형 내의 기타 독립변수들이 관심 있는 처리 변수에 미치는 영향력이 있다면 성향점수를 구할 때 그 모든 기타 독립변수를 반영해야 한다. 본 연구에서는 영향이 유의하지 않았던 변수가 없었으므로 모든 기타 독립변수를 성향점수를 구하기 위한 수식(1)의 독립변수로 삽입하였다.

마지막으로, 성향점수를 역확률로 하여 가중치로 변환한다. 시군구가 카세어링이 진입하지 않은 그룹(0)에 속했으면 $1/(\text{성향점수})$ 의 가중치를 부여하고, 진입한 그룹(1)에 속했다면 $1/(1-(\text{성향점수}))$ 의 가중치를 부여한다.

2. 가중치 적절성 검증

56) Chesnaye, N.C., Stel, V.S., Tripepi, G., Dekker, F.W., Fu, E.L., Zoccali, C. & Jager K.J., 2022. "An introduction to inverse probability of treatment weighting in observational reserach", Clinical Kidney Journal. 15(1): 14-20.

[그림 6] 성향점수분포 그래프



- 주 1) 좌측 두 개 그래프는 데이터셋 1에 대해, 우측 두 개 그래프는 데이터셋 2에 대해 성향점수 분포가 적용되었다.
 2) 분홍색은 서비스 진입이 1, 파란색은 서비스 진입이 0에 속할 확률이다.

[그림 6]은 각 시군구에 대해 연도별 카셰어링 서비스 진입이 0과 1에 속할 확률을 보정하기 전과 후, 즉 가중치 부여 전과 후의 차이를 확률 밀도함수로 나타낸 그림이다. 가중치 부여 전후의 차이는 데이터셋 1(좌측)과 데이터셋 2(우측)에 대해 각각 적용하였다. 두 데이터셋 모두 가중치를 부여하기 전에 서비스 미진입 그룹(서비스 진입=0, 분홍색)은 성향점수 값이 0 일 확률 쪽으로 그래프가 쏠려있고, 서비스 진입 그룹(서비스 진입=1, 파란색)은 성향점수 값이 1일 확률 쪽으로 쏠려 있음을 [그림 6]상에서 확인할 수 있다. 가중치 부여 이후에는 서비스 진입이 0 또는 1에 속할 확률이 서로 비슷해져서 성향점수의 분포가 균등해진 것을 확인할 수 있다.

<표 13> 가중치 적용 이후 분포 균형 확인 : SMD

데이터셋	변수명	SMD	분포의 균형
데이터셋1 (등록대수 데이터셋)	취발유가격	0.26	불균형, >0.2
	log(인구밀도)	0.03	균형, <0.2
	인당GRDP	-1.00	불균형, >0.2
	304050대 인구비중	0.18	균형, <0.2
	도시지역인구비중	-0.09	균형, <0.2
	실업률	0.08	균형, <0.2
데이터셋2 (주행거리 데이터셋)	log(인구)	0.10	균형, <0.2
	취발유가격	0.02	균형, <0.2
	log(인구밀도)	0.26	불균형, >0.2
	인당GRDP	-0.35	불균형, >0.2
	304050대 인구비중	0.25	불균형, >0.2
	도시지역인구비중	0.16	균형, <0.2

가중치 부여로 인한 편의 제거 효과를 확인하기 위한 방법은 성향점수 분포 그래프 외에도 SMD(Standardized mean difference, 표준화된 평균 차, 이하 SMD)를 통해 각 변수의 분포가 균형 있는지 확인하는 방법이 있다. 변수별 SMD의 값은 작을수록 가중치가 해당 변수로 인한 편의를 잘 제거했음을 의미하며, SMD는 변수의 단위에 독립적이기 때문에 측정 단위가 다른 변수를 비교할 수 있다. SMD의 적절성 기준은 0.2를 채택하였다. <표 13> 는 변수별 SMD를 확인한 결과이다. 각 데이터셋에서 일부를 제외한 독립변수가 가중치 부여 이후 0.2보다 작은 SMD를 갖는 것으로 확인되었다. 즉, 가중치 부여 이후 가중치 부여 전에 비해 각 변수에 의해 카세어링 진입 여부가 편향될 확률이 줄었음을 확인했다.

또한, Cole&Hernan⁵⁷⁾ 에 따르면 50을 넘는 가중치는 본래 값 중 이상치를 제거하거나 다른 값으로 대체하여야 한다. 이 연구의 가중치 중에도 혹여 과도한 가중치가 있는지 살펴보았다. 가중치의 최댓값은 데이터

57) Cole, S.R. & Hernán, M.A., 2008. "Constructing Inverse Probability Weights for Marginal Structural Models". American Journal of Epidemiology. 168(6): 656-664.

셋1의 경우 167, 데이터셋2의 경우 40.15로, 데이터셋 1에 다소 과하게 부여된 가중치가 있음을 확인하였다.

제2항. 이중차분법(Difference-In-Difference)

이중차분법은 정책이나 새로운 서비스가 도입되기 전과 후의 시계열 데이터가 존재할 때, 해당 정책/서비스 도입의 인과적 영향을 추정하기 위한 방법이다. 관심있는 종속변수가 서비스 도입과 관계 없이 도입 전에도 이미 추세적으로 변화하고 있었다면 도입 전후 여부를 나타내는 변수만으로는 인과적 영향을 걸러낼 수 없다. 본 연구에서도 종속변수의 추세적 변화에 영향을 미치는 수많은 기타 영향들 가운데서 카세어링 도입만의 인과적 영향을 확인해야 하므로 이중차분법을 활용하였다. 본 연구가 사용한 이중차분 모형은 식(2)로 요약된다. 식에 사용된 약어의 명명법은 <표 14>가 보여 주고 있다.

$$Y_{s,t} = \beta_0 + \delta_1 * X_{st} + \beta_1 * d_s + \eta_1 * X_{st} * d_s + \alpha * Z_{st} + u_{st} \quad (2)$$

<표 14> 식(2)의 명명법

명명법	종류	내용	
s		시군구	
t		연도	
$Y_{s,t}$	종속변수	승용차 등록대수, 승용차 주행거리	
δ_1	계수	$X_{s,t}$ 의 계수	
$X_{s,t}$	독립변수	서비스 진입	
β_1	계수	d_s 의 계수	
d_s	독립변수	도시화 정도	중간(기본값), 도시, 시골
		차고지 접근성	soso(기본값), good, bad
η_1	이중차분 계수	$X_{s,t} * d_s$ 의 계수	
$Z_{s,t}$	기타 독립변수	인구, 휘발유 가격, 인구밀도, 인당GRDP, 304050대 인구비중, 도시지역 인구비중 등	
β_0		절편항	

식(2)에서 이중차분 계수는 η_1 이다. 이중차분 계수 η_1 이 추정하는 변수는 시군구 s , 연도 t 의 카셰어링 서비스 진입 여부를 나타내는 독립변수 $X_{s,t}$ 와 시군구 s 의 도시화 정도 또는 차고지 접근성 수준을 나타내는 독립변수 d_s 간의 상호작용이다. 이중차분 계수로서 η_1 의 역할은 서비스 진입 전($X_{s,t}=0$)과 진입 후($X_{s,t}=1$)에 할당된 시군구의 서비스가 진입하지 않았을 때의 종속변수 $Y_{s,t}$ 의 차이로부터 시군구의 도시화 정도 d_s 에 따른 $Y_{s,t}$ 의 차이를 차분하여 서비스 진입의 $Y_{s,t}$ 대한 인과적 효과만을 보여주는 것이다.

변수 d_s 는 모형에 따라 시군구의 도시화 수준 또는 시군구별 카셰어링 차고지에 대한 접근성으로 해석한다. 이중차분 계수의 의미는 변수 d_s 의 해석 방법(도시화 수준 또는 차고지 접근성)에 따라 달라진다.

서비스 진입*도시화를 살피는 이중차분 모형에서 도시화 수준의 기본값은 도시화 정도가 중간인 지역이다. 이외에 시골 지역과 도시 지역을 변수 d_s 로 정의한다. d_s 가 시골일 때, η_1 은 d_s (시골 = 1, 그 외 지역 0)

와 $X_{s,t}$ (카셰어링 진입했으면 1, 진입 전은 0)의 상호작용 계수이다. 그리하여 계수 η_1 은 시군구의 시골지역인지 여부에 따른 카셰어링 서비스 진입의 종속변수 $Y_{s,t}$ 에 대한 효과이다.

d_s 을 도시지역으로 정의했을 때, η_1 은 d_s (도시 지역일 경우 1, 그 외 지역 0)과 $X_{s,t}$ (카셰어링 진입했으면 1, 진입 전은 0)의 상호작용 계수이다. 그리하여 η_1 은 시군구의 도시지역인지 여부에 따른 카셰어링 서비스 진입의 $Y_{s,t}$ 에 대한 효과이다. 변수 d_s 를 도시인지, 시골인지로 정의하고 카셰어링 진입여부와 결합하여 생성한 이중차분 계수를 분해하면 <표 15>과 같다.

<표 15> 이중차분 계수 η_1 의 분해(도시화 수준)

도시화 수준	카셰어링 진입 전 ($X_{s,t}=0$)	카셰어링 진입 후 ($X_{s,t}=1$)	진입 전후 차이
$d_s=0$ 평균, 시골(도시)	β_0	$\beta_0 + \beta_1$	β_1
$d_s=1$ 도시(시골)	$\beta_0 + \delta_1$	$\beta_0 + \delta_1 + \beta_1 + \eta_1$	$\beta_1 + \eta_1$
도시화 수준 차이	δ_1	$\delta_1 + \eta_1$	η_1

주 1) Wooldridge (2010)을 연구자가 변형

2) 도시화 수준 d_s 는 두 개의 변수임

3) d_s 가 '도시' 일때는 도시만 1의 값을 갖고 그 외 지역은 0

4) d_s 가 '시골' 일때는 시골만 1의 값을 갖고 그 외 지역은 0

모형에 따라 시군구들은 도시화 수준 이외에도 차고지 접근성에 따라서도 구분된다.

서비스 진입*차고지 접근성을 살피는 이중차분 모형에서 차고지 접근성의 기본값은 접근성이 좋지도, 나쁘지도 않은 'soso'이다. 이외에 면적 대비 차고지 수가 많아 접근성이 좋은 good 지역과 접근성이 나쁜 bad 지역을 변수 d_s 로 정의한다.

d_s 를 차고지 접근성이 나쁜 bad 시군구에 대한 변수로 정의했을 때, η_1 은 d_s (bad = 1, 그 외 지역 0)과 $X_{s,t}$ (카셰어링 진입했으면 1, 진입 전은 0)의 상호작용 계수이다. 그리하여 η_1 은 시군구의 접근가능성이 나쁜지 여부에 따른 카셰어링 서비스 진입의 종속변수 $Y_{s,t}$ 에 대한 효과이다.

d_s 를 차고지 접근성이 좋은 good 시군구에 대한 변수로 정의했을 때, η_1 은 d_s (good = 1, 그 외 지역 0)과 $X_{s,t}$ (카셰어링 진입했으면 1, 진입 전은 0)의 상호작용 계수이다. 그리하여 η_1 은 시군구의 접근성이 좋은지 여부에 따른 카셰어링 서비스 진입의 종속변수 $Y_{s,t}$ 에 대한 효과이다. 변수 d_s 를 차고지 접근성이 좋은지, 나쁜지로 정의하고 카셰어링 진입여부와 결합하여 생성한 이중차분 계수를 분해하면 <표 16>과 같다.

<표 16> 이중차분 계수 η_1 의 분해(차고지 접근가능성)

차고지 접근성	카셰어링 진입 전 ($X_{s,t}=0$)	카셰어링 진입 후 ($X_{s,t}=1$)	진입 전후 차이
$d_s = 0$ soso, bad(good)	β_0	$\beta_0 + \beta_1$	β_1
$d_s = 1$ good(bad)	$\beta_0 + \delta_1$	$\beta_0 + \delta_1 + \beta_1 + \eta_1$	$\beta_1 + \eta_1$
접근성 차이	δ_1	$\delta_1 + \eta_1$	η_1

주 1) Wooldridge (2010)을 연구자가 변형

2) 차고지 접근성 d_s 는 두 개의 변수임

3) d_s 가 'good' 일때는 good 지역만 1의 값을 갖고 그 외 지역은 0

4) d_s 가 'bad' 일 때는 bad 지역만 1의 값을 갖고 그 외 지역은 0

$Z_{s,t}$ 는 종속변수에 영향을 미치는 $X_{s,t}$, d_s 이외의 기타 독립변수이다. 기타 독립변수가 필요한 이유는 다음과 같다. 우선 시군구별 서비스 진입시기를 의미하는 변수 $X_{s,t}$ 와 시군구의 도시화 정도 및 시군구의 차고지 접근성을 의미하는 d_s 만을 독립변수로 하여 종속변수 $Y_{s,t}$ 를 추정했을 때 이중차분 계수 η 는 유의하지 않다. 왜냐하면 종속변수 $Y_{s,t}$ 에 영향을 미치는 수많은 다른 변수들이 존재하기 때문이다. 따라서 해당 시군구의

인구, 인구밀집도, GRDP 등 종속변수에 영향을 줄 만한 다른 변수들을 모형에 포함하였다. 비록 기타 독립변수 $Z_{s,t}$ 들을 포함했을 때 이중차분 계수 η 의 값은 작아질지라도, 전체모형의 오차 분산을 크게 줄일 수 있고, 이중차분 계수 η 의 표준 오차도 줄일 수 있다.

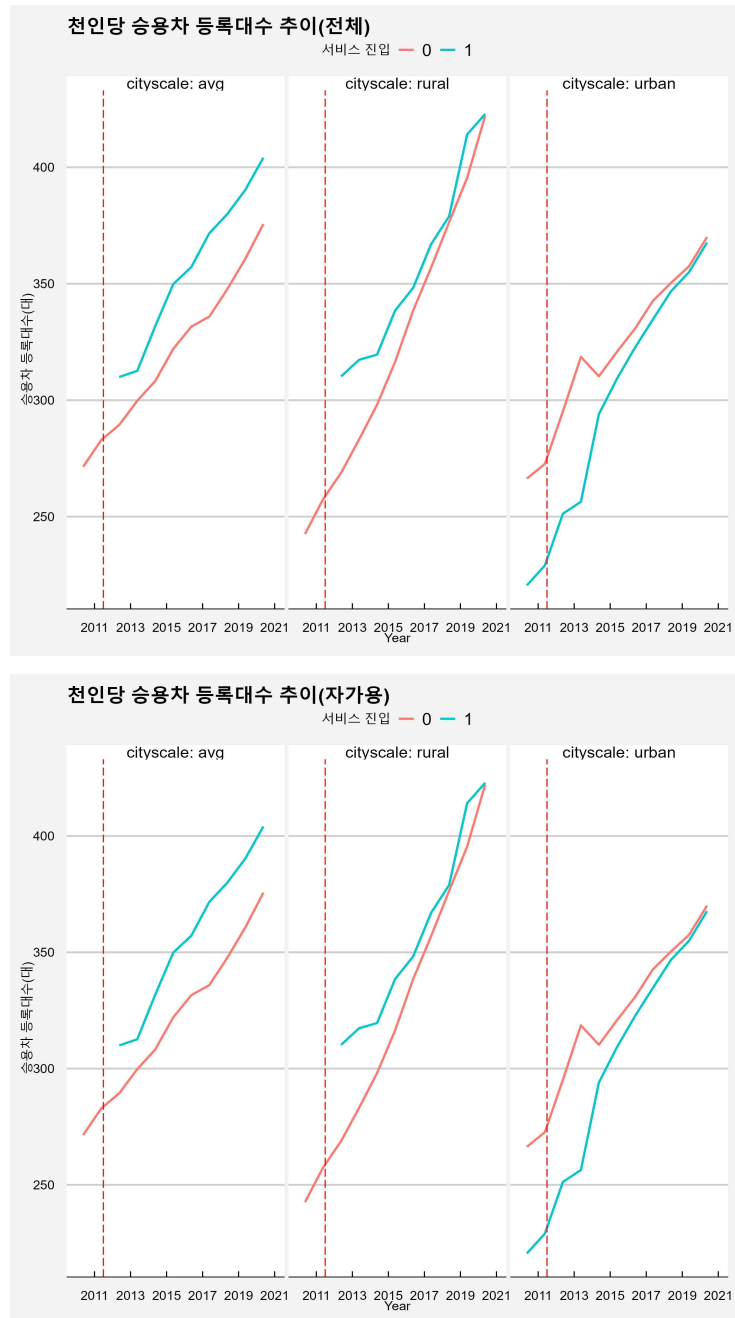
제5장. 연구 결과

제1절. 등록대수 모형

제1항. 등록대수 추이 분석

이중차분 모형 결과 해석에 앞서 도시화에 따른 천인당 승용차 등록대수의 평균적인 추세를 확인하였다. [그림 7] 을 통해 시골 및 평균 지역에서는 서비스 진입 이전(분홍색)에 서비스 진입 이후(파란색)보다 평균적으로 낮은 승용차 등록대수를 보였으나, 도시 지역에서만 서비스 진입 이후(파란색) 의 승용차 등록대수가 낮았음을 확인할 수 있다.

[그림 7] 승용차 등록대수 추이(도시화 정도)



제2항. 등록대수 모형 결과 분석

<표 17> 등록대수를 종속변수로 한 모형

종속변수		설명	독립변수		
			더미1	더미2	공통(기타 독립변수)
천인당 등록대수 (전체 승용차)	모형1.1	일반회귀모형	서비스 진입		휘발유가격 log(인구밀도) 인당GRDP 304050대인구비중 도시지역인구비중 실업율
	모형1.2	DiD회귀모형 (서비스진입*도시화)	서비스 진입	도시화 (urban, rural)	
	모형1.3	DiD회귀모형 (서비스진입*접근성)	서비스 진입	접근성 (good, bad)	
천인당 등록대수 (자가용 승용차)	모형2.1	일반회귀모형	서비스 진입		
	모형2.2	DiD회귀모형 (서비스진입*도시화)	서비스 진입	도시화 (urban, rural)	
	모형2.3	DiD회귀모형 (서비스진입*접근성)	서비스 진입	접근성 (good, bad)	

등록대수 모형들은 전체(자가용, 영업용, 공공용 포함) 승용차와 자가용 승용차 등록대수를 종속변수로 한 모형이다. 이들 중 모형1.1, 모형 2.1, 모형 1.2, 모형 2.2는 1개 도(제주특별자치도) 및 전국 226개 시군구를 대상으로 한다. 이들 총 227개 분석 대상 시도·시군구는 2020년까지 카셰어링 서비스가 이미 진입한 시군구 152개와, 아직 카셰어링이 진입하지 않은 75개 시군구로 구성되어 있다. 2010년부터 2020년까지 총 11개 시

계열 및 227개 시도·시군구라서 표본 수는 2,497개다.

한편 모형 1.3과 모형 2.3은 앞선 네 개의 모형과 달리 시군구 중 카세어링 차고지가 2020년 전에 이미 진입한 제주특별자치도 및 시군구 152개만을 대상으로 한 시계열 자료이다. 2010년부터 2020년까지 총 11개 시계열 및 152개 시도·시군구라서 총 표본 수는 1,672개다.

이렇게 모형 1.3과 모형 2.3 만을 대상으로 자료를 분리한 이유는 모형 1.3과 모형 2.3의 더미변수2인 카세어링 서비스 접근성 개념이 차고지가 있는 지역에 대해서만 성립하는 변수이기 때문이다.

〈표 18〉 IPTW 가중치를 적용한 일반회귀모형

	천인당 승용차 등록대수	
	전체	자가용
	모형1.1	모형2.1
카세어링 진입	13.5244*** (3.5768)	10.6745*** (2.3814)
휘발유가격	-0.1419*** (0.0061)	-0.1382*** (0.0052)
log(인구밀도)	-12.0903*** (1.9258)	-15.0601*** (1.2748)
인당GRDP	0.1003*** (0.0249)	0.1151*** (0.0212)
304050대 인구비중	3.6756** (1.1267)	6.8105*** (0.5119)
도시지역인구비중	0.1467 (0.1499)	0.1332 (0.1040)
실업률	-95.9354 (159.3667)	-205.6607** (66.8239)
Constant	454.0634***	315.0500***
Observations	2,497	2,497
R squared	0.27	0.52

- 주 1) ‘.’, ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 계수 하단은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 일반적인 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

우선 각 독립변수들이 천인당 등록대수에 미치는 전체적인 영향을 파악하기 위해 일반회귀모형을 분석했다. 먼저, 연구의 관심 변수인 카셰어링 서비스의 진입 여부는 전체 승용차, 자가용 승용차 등록대수 모두 각각 13.52대, 10.67대 증가시켰다(p -값 <0.01). 하지만 서비스가 똑같이 진입했다 하더라도 시군구별로 도시화 정도 및 차고지에 대한 접근성이 현저히 다르므로 추후의 이중차분 모형 분석에서 어떤 지역적 조건하에 늘어났는지 밝혀내야 한다.

기타 독립변수들 중에서 천인당 승용차 등록대수를 증가시킨 변수는 304050대 인구비중과 인당 GRDP였다. 특히 304050대 인구비중(%)의 영향이 두드러진다. 304050대 인구비중이 1% 늘어나면 전체 승용차 천인당 등록대수는 약 3.68대 늘어나고, 자가용 승용차 천인당 등록대수는 약 6.81대 늘어난다. 304050 연령대 인구가 타 연령대 인구보다 구매력이 높고 신차 구매 대수가 많음을 고려하면 타당한 결과로 보인다.

그리고 인당 GRDP가 백만 원 증가할 때 전체 승용차 천인당 등록대수는 약 0.1대, 자가용 승용차 천인당 등록대수는 약 0.12대 늘어난다. 일반적으로 GDP, GRDP가 커지면 지역의 경제규모 및 소득이 늘어나고 생활수준이 향상되어 자동차 등록대수는 늘어나는 관계가 나타나야 한다.

한편, 천인당 승용차 등록대수를 감소시킨 변수는 휘발유 가격, \log (인구밀도), 실업률이었다. 도시지역인구비중은 일반회귀모형에서는 승용차 등록대수에 유의한 영향이 없었다.

한편, 휘발유 가격(2015년 원)이 100원 오르면 전체 승용차 천인당 등록대수는 약 14.19대, 자가용 승용차의 천인당 등록대수는 약 13.82대 줄어든다. 자가용 승용차 천인당 등록대수가 휘발유 가격의 작은 변화에 큰 영향을 받는 것을 통해 다종다양한 대체연료 자동차가 출시되었고 점유율을 확장해가고 있음에도 휘발유 가격이 여전히 자동차 소유의 고려대상임을 유추해볼 수 있다. 로그를 취한 인구밀도 변수 또한 천인당 승용차 등록대수를 유의하게 감소시켰다. 인구밀도가 1% 증가할 때 전체 승용차 천인당 등록대수는 약 0.12대 감소하고, 자가용 승용차 천인당 등록대수는 약 0.15대 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과는 높은 인구밀도

가 인당 자동차 보유대수를 유의하게 감소시킨다는 선행연구 결과 (Clark, 2007⁵⁸⁾; Clark and Finley, 2010⁵⁹⁾; Hankach et al., 2022⁶⁰⁾) 와 합치한다.

실업률(%) 변수는 전체 승용차 등록대수에는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않았고, 자가용 승용차 등록대수는 감소시켰다. 모형에 따르면, 실업률이 1% 증가하면 자가용 승용차 천인당 등록대수는 약 205.66 대 감소했다. Bhattacharyya & Timilsina(2009)⁶¹⁾ 에 의하면 높은 실업률은 정기적 소득 흐름이 있는 개인의 수가 줄어들었음을 의미하는 경기변동의 지표로써 자동차 등록대수에 영향을 미치는 변수이다. 시군구별 실업률이 자가용 승용차의 천인당 등록대수에 유의한 감소를 일으켰다는 사실은 본 모형에서 경기변동 및 개인 소득을 대표하는 변수로써 실업률 변수가 잘 작동하고 있음을 의미한다.

58) Clark, S.D., 2007. "Estimating local car ownership models". *Journal of Transport Geography* 15, 184 - 197.

59) Clark, S.D. & Finley, A.O., 2010. "Spatial Modelling of Car Ownership Data: A Case Study from the United Kingdom". *Applied Spatial Analysis and Policy*. 3: 45-65.

60) Hankach, P., Gastineau, P. & Vandanjon, P.O., 2022. "Multi-scale spatial analysis of household car ownership using distance-based Moran's eigenvector maps: Case study in Loire-Atlantique (France)". *Journal of Transport Geography*. 98, 103223.

61) Bhattacharyya, S.C. & Timilsina, G.R., 2009. "Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models". *The World Bank Policy Research Working Papers*.

**<표 19> IPTW 가중치를 적용한
이중차분모형(진입*도시화)**

	천인당 승용차 등록대수	
	전체	자가용
	모형1.2	모형2.2
카셰어링 진입	20.4529*** (3.7016)	21.3922*** (4.0512)
도시	-12.4490 . (7.1624)	-1.6615 (5.6597)
시골	40.8714*** (10.7847)	17.3032*** (4.4354)
카셰어링 진입* 도시	-11.6348* (5.7289)	-19.5238*** (5.4479)
카셰어링 진입* 시골	-5.7141 (12.2292)	-6.2982 (5.6603)
휘발유가격	-0.1392*** (0.0058)	-0.1359*** (0.0052)
log(인구밀도)	-11.4899*** (2.5892)	-13.613*** (1.6098)
인당GRDP	0.1069*** (0.0244)	0.1174*** (0.0215)
304050대 인구비중	3.7275** (1.3137)	6.5205*** (0.5223)
도시지역인구비중	0.9329*** (0.2388)	0.4458** (0.1358)
실업률	-86.7137 (160.5898)	-212.5706** (64.5780)
Constant	377.1136***	286.8625***
Observations	2,497	2,497
R squared	0.28	0.53

- 주 1) ‘.’, ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 일반적인 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

다음으로, 카셰어링 서비스의 진입이 자동차 등록대수에 미치는 영향이 시군구의 도시화 정도에 따라 어떻게 달라지는지 밝혀내기 위한 이중차분 모형을 분석했다. 카셰어링 차고지의 서비스의 진입여부는 앞선 일반 회귀모형들과 마찬가지로 전체 승용차, 자가용 승용차 천인당 등록대수 모두 약 20.45대, 21.39대 증가시키는 방향으로 영향을 미쳤다.

모형1.2와 모형2.2의 관심 변수는 서비스 진입*도시와 서비스 진입*시골이다.

카셰어링 서비스가 개입되기 전, 시골 지역이 다른 지역보다 평균적으로 전체, 자가용 각각 40.87대, 17.30대 가량 많은 천인당 승용차 등록대수를 가졌다. 한편 시골지역과 카셰어링 진입 간 상호작용 계수(카셰어링 진입*시골)가 유의하지 않음을 통해, 시골지역에서는 카셰어링 서비스 진입이 전체승용차와 자가용승용차 대수에 유의한 영향을 주지 못했음을 확인할 수 있다.

도시의 경우 서비스가 개입되기 전 전체승용차 천인당 등록대수가 일반 지역보다 평균적으로 약 12.45대가량 적었다. 도시에서 자가용 승용차의 천인당 등록대수는 서비스 개입 전 유의한 차이가 없었다. 시골과 달리 도시에서는 카셰어링 진입으로 인한 유의한 천인당 승용차 등록대수 변화가 발생했다. 카셰어링 진입과 도시 여부의 교호 작용(카셰어링 진입*도시)으로 인해 전체 승용차 천인당 등록대수는 약 11.63대 감소(p -값 < 0.05)하였고, 자가용 승용차의 천인당 등록대수는 약 19.52대 감소하였다(p -값 < 0.001).

카셰어링 서비스 진입 후 시골에서 유의한 변화가 발생하지 않았고 도시에서는 등록대수가 줄어들었다는 본 모형의 결과는 시골 지역에서는 카셰어링 이용자의 비이용자 대비 자가용 소유대수 간 유의한 차이가 없었지만, 도시 지역에서 카셰어링 이용자의 비이용자 대비 자가용 소유대수가 유의하게 적었다는 Clewlow (2016)의 연구 결과와 합치한다.

도시지역에서 전체 승용차 등록대수가 카셰어링 도입으로 인해 줄어들었음은 반드시 차량의 소유에서 카셰어링차량 공유로의 전환이 이루어졌다고 확인할 수는 없지만, 적어도 시군구에 차고지가 도입됨으로써 사람

들이 차량 소유 이외에 다른 대안이 존재한다는 것을 인식하게 하는 기능을 수행했다고 볼 수 있다. 또한, 인구 증가 속도가 비교적 빠른 지역에서 인구 증가 속도가 느린 지역보다 자가용 대체 수단으로 모빌리티 공유의 승객이 될 잠재성이 높은 젊은 인구가 많아 인당 자가용 차량 등록대수가 전반적으로 감소하였다는 Ward et al. (2021)⁶²⁾의 연구 결과도 본 모형의 결과를 설명하기에 적합하다.

도시, 시골 여부라는 새로운 변수들의 삽입으로 인해 기타 독립변수들의 영향력은 앞선 일반회귀모형에서 소폭 달라진 것이 확인되나, 큰 차이는 없었다. 예를 들면 휘발유 가격 100원 증가에 따른 전체, 자가용 승용차 천인당 등록대수는 13.92대 감소 및 13.59대 감소로 앞선 일반회귀모형 결과(각 12.09대, 15.06대 감소)와 비슷하고, 304050대 인구비중의 1% 증가에 따른 전체, 자가용 승용차 천인당 등록대수도 3.72대 증가, 6.52대 증가로 앞선 일반회귀모형 결과(각 3.67대, 6.81대 증가)와 유사하다. 마지막으로 실업률의 1% 증가에 따른 자가용 승용차 천인당 등록대수 영향(212.57대 감소) 또한 모형 2.1의 결과(205.66대 감소)와 유사하다.

62) Ward, J.W., Michalek, J.J., Azevedo, I.L., Henao, A., Rames, C., & Wenzel, T., 2021. "The impact of Uber and Lyft on vehicle ownership, fuel economy, and transit across U.S. cities". iScience. 24(1), 101933

**<표 20> IPTW 가중치를 적용한
이중차분모형(진입*접근성)**

	천인당 승용차 등록대수	
	전체	자가용
	모형1.3	모형2.3
카셰어링 진입	11.1367** (4.1116)	9.5206** (3.5758)
good	-26.2917** (8.1578)	-15.3525* (6.7285)
bad	10.7454 (7.1256)	0.2222*** (5.5286)
카셰어링 진입*	-16.0890* (7.6861)	-15.0529* (7.0138)
good	22.9756*** (6.2370)	14.2847** (5.0138)
bad	-0.1274*** (0.0069)	-0.1272*** (0.0058)
log(인구밀도)	-5.033 . (2.5753)	-10.5205*** (1.9927)
인당GRDP	0.463*** (0.0406)	0.432*** (0.0402)
304050대 인구비중	4.7841*** (0.9404)	6.1036*** (0.6821)
도시지역인구비중	0.4544* (0.1883)	0.3626** (0.1147)
실업률	-182.0147 (234.0161)	-474.7499** (152.8820)
Constant	294.7669***	280.4629***
Observations	1,672	1,672
R squared	0.43	0.54

- 주 1) ‘.’, ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 일반적인 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

다음으로, 카셰어링 서비스의 진입이 전체, 자가용 승용차 천인당 등록대수에 미치는 영향이 시군구의 차고지 접근성에 따라 달라지는지 밝혀내기 위한 이중차분 모형을 분석했다. 모형1.3과 모형2.3에서 차고지의 접근성은 시군구의 면적 대비 카셰어링 차고지 수를 기준으로 생성된 변수이다. 면적 대비 카셰어링 차고지 수가 가장 많은 상위 51개 시군구를 good에, 가장 적은 하위 50개 시군구가 bad에 속해 있고 나머지 51개 시군구는 보통의 접근성을 가지는 그룹이다.

카셰어링 차고지의 진입 여부는 앞선 일반회귀모형들과 마찬가지로 전체 승용차, 자가용 승용차 천인당 등록대수 모두 약 11.14대, 9.52대가량 증가시키는 방향으로 영향을 미쳤다.

유의한 good 계수를 통해 카셰어링 서비스가 개입되기 전, 차고지 접근성이 좋은 지역이 다른 지역보다 26.29대, 15.35대가량 적은 천인당 전체, 자가용 승용차 등록대수를 가졌던 것을 확인할 수 있다.

모형1.3 과 모형2.3의 관심 변수는 서비스 진입의 도시여부(카셰어링 진입*good) 와 서비스 진입의 시골여부(카셰어링 진입*bad) 이다. 먼저, 유의한 카셰어링 진입*good 의 계수를 통해 카셰어링이 진입한 지역 중에서 카셰어링 차고지에 대한 접근성이 높은 곳의 천인당 승용차 등록대수가 감소했음을 확인할 수 있다. 면적 당 차고지 수가 다른 지역보다 많아 카셰어링 차고지에 대한 접근성이 좋은 지역은 카셰어링이 진입한 이후 평균적으로 16.09대 및 15.06대가량 전체 및 자가용 승용차 천인당 등록대수가 감소했다.

카셰어링 차고지에 대한 접근성이 좋은 지역에서 자가용 승용차 등록대수가 줄어들었다는 모형 결과는 카셰어링 차고지 접근성이 좋을 때 이용자가 더 빈번하게 서비스를 이용하고, 자가용 신차 구매를 지연시키거나 기존차량을 처분할 확률이 높다는 Kim et al. (2019) 의 연구 결과와 합치하는 내용이다. 기존 연구는 서울시 나눔카만을 대상으로 일부 사용자들에 대해서 진행한 설문 자료로 도출한 결과였다. 본 연구에서는 모형 1.3과 모형2.3 결과를 통해 서울시 뿐 아니라 전국적으로도 쏘카, 그린카 서비스에 대한 접근성이 좋은 지역이 다른 지역보다 승용차 등록대수를

감소시킨다는 것을 확인했다.

카셰어링 진입*bad 라는 이중차분 계수 또한 통계적으로 유의했다. 그러나 차고지에 대한 접근성이 나쁜 이들 bad 지역에서는 접근성이 좋은 good 지역과 달리, 카셰어링 진입 이후 전체 및 자가용 승용차의 천인당 등록대수가 각 22.98대, 14.28대 증가하는 것으로 나타났다. 카셰어링 차고지에 대한 접근성이 떨어지는 지역은 다른 인프라에 대한 접근성도 좋지 못해 차량 보유대수가 구조적으로 점차 늘어날 수밖에 없는 지역이었을 가능성이 있다. 그러나 이외에도 다양한 해석 가능성이 존재한다.

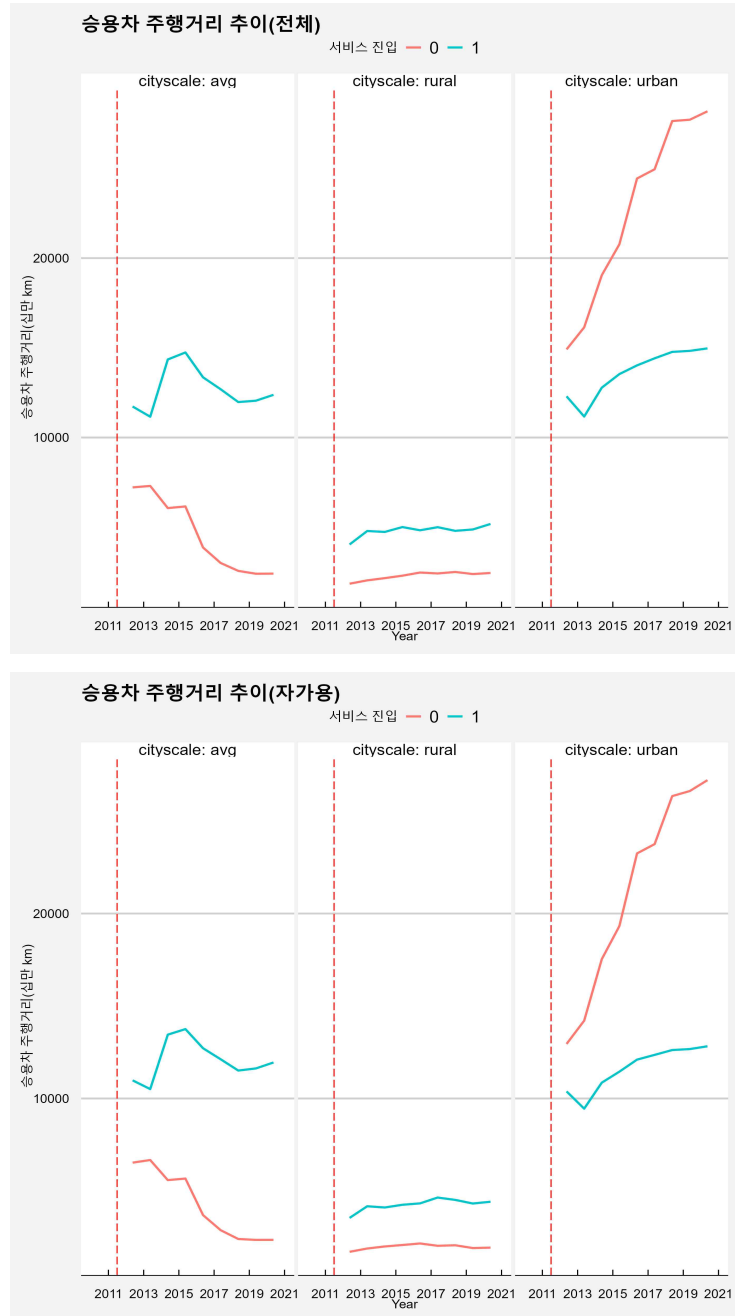
카셰어링 차고지 접근성이 좋다, 나쁘다를 의미하는 good, bad라는 새로운 상호작용 변수들의 삽입으로 인해 기타 독립변수들의 영향력은 앞선 일반회귀모형에서 소폭 달라진 것이 확인되나, 큰 차이는 없었다. 예를 들면 휘발유 가격 100원 증가에 따른 전체 및 자가용 승용차 천인당 등록대수는 여전히 12.74대, 12.72대 감소로 앞선 일반회귀모형 결과(14.19대, 13.82대 감소)와 비슷하고, 304050대 인구비중의 1% 증가에 따른 전체 및 자가용 승용차 천인당 등록대수의 변화도 4.78대 증가, 6.10대 증가로 앞선 일반회귀모형 결과(3.73대 증가, 6.52대 증가)와 유사하다.

제2절. 주행거리 모형

제1항. 주행거리 추이 분석

이중차분 모형 결과 해석에 앞서 도시화에 따른 전체, 자가용 승용차 주행거리의 평균적인 추세를 확인하였다. [그림 8]를 통해 시골 및 평균 지역에서는 서비스 진입 이후(파란색)에 서비스 진입 이전(분홍색)보다 평균적으로 높은 승용차 주행거리를 보였으나, 도시 지역에서만 서비스 진입 이후(파란색)의 시군구들이 서비스 진입 이전(분홍색)보다 낮은 승용차 주행거리를 보임을 확인할 수 있다.

[그림 8] 승용차 주행거리 추이(도시화 정도)



제2항. 주행거리 모형 결과 분석

<표 21> 주행거리를 종속변수로 한 모형

종속변수		설명	독립변수		
			더미1	더미2	공통(기타 독립변수)
주행거리 (전체 승용차)	모형3.1	일반회귀모형	서비스 진입		log(인구) 회발유가격 log(인구밀도) 인당GRDP 304050대인구비중 도시지역인구비중
	모형3.2	DiD회귀모형 (서비스진입*도시화)	서비스 진입	도시화 (urban, rural)	
	모형3.3	DiD회귀모형 (서비스진입*접근성)	서비스 진입	접근성 (good, bad)	
주행거리 (자가용 승용차)	모형4.1	일반회귀모형	서비스 진입		
	모형4.2	DiD회귀모형 (서비스진입*도시화)	서비스 진입	도시화 (urban, rural)	
	모형4.3	DiD회귀모형 (서비스진입*접근성)	서비스 진입	접근성 (good, bad)	

모형3.1, 모형 4.1, 모형 3.2, 모형 4.2는 1개 도(제주특별자치도) 및 전국 226개 시군구를 대상으로 한 모형이다. 이들 총 227개 분석 대상 시도·시군구는 2020년까지 카셰어링 서비스가 이미 진입한 시군구 152개와, 아직 카셰어링이 진입하지 않은 75개 시군구로 구성되어 있다. 2012년부터 2020년까지 총 9개 시계열 및 227개 시도·시군구라서 표본 수는 2,043개다.

한편 모형 3.3과 모형 4.3은 앞선 네 개의 모형과 달리 시군구 중 카세어링 차고지가 2020년 전에 이미 진입한 제주특별자치도 및 시군구 152개만을 대상으로 한 시계열 자료이다. 2012년부터 2020년까지 총 9개 시계열 및 152개 시도·시군구라서 총 표본 수는 1,368개다.

이렇게 모형 3.3과 모형 4.3 만을 대상으로 자료를 분리한 이유는 모형 3.3과 모형 4.3의 더미변수2인 카세어링 서비스 접근성 개념이 차고지가 있는 지역에 대해서만 성립하는 변수이기 때문이다.

<표 22> IPTW 가중치를 적용한 일반회귀모형

	연간주행거리(10만km)	
	전체	자가용
	모형3.1	모형4.1
카세어링 진입	567.3405** (207.2408)	-90.0915 (115.3786)
log(인구)	0.6468*** (0.0133)	0.5804*** (0.0079)
휘발유가격	-2.2517*** (0.3558)	-3.1115*** (0.2293)
log(인구밀도)	-1265.8778*** (138.4947)	-1096.8275*** (56.9542)
인당GRDP	2.3353 (1.7630)	2.4326 (1.8919)
304050대 인구비중	75.4824* (31.3555)	161.2631*** (18.5313)
도시지역 인구비중	29.6808*** (7.5056)	12.5723*** (3.1252)
Constant	4001.6825***	2157.6597***
Observations	2,043	2,043
R squared	0.91	0.96

- 주 1) ‘,’, ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

우선 각 독립변수들이 시군구의 연간 주행거리(단위: 십만km)에 미치는 영향을 파악하기 위해 일반회귀모형을 분석했다. 먼저, 카세어링 진입 이후에 전체승용차의 연간 주행거리는 5,673만km 가량 증가했고, 자가용승용차의 연간 주행거리는 통계적으로 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다. 하지만 서비스가 똑같이 진입했다 하더라도 시군구별로 도시화 정도 및 차고지에 대한 접근성이 다르므로 추후의 이중차분 모형 분석에서 어떤 지역적 조건하에 주행거리가 늘어나거나 줄어드는지 분석해야 한다.

연간 주행거리를 증가시키는 변수는 $\log(\text{인구})$, 304050대 인구비중, 도시지역 인구비중이다. 시군구에서 인구가 1% 증가할 때 연간 전체 승용차 주행거리는 약 646km, 연간 자가용 승용차 주행거리는 약 580km 늘어난다. 304050대 인구비중이 1% 증가하면 연간 전체 승용차 주행거리는 약 754만km, 연간 자가용 승용차 주행거리는 약 1,612만km 늘어난다. 도시지역인구비중이 1% 증가하면 전체승용차 주행거리는 연간 약 296만km, 자가용승용차 주행거리는 연간 약 125만km 늘어난다.

연간 주행거리를 통계적으로 유의하게 감소시키는 변수는 휘발유가격, $\log(\text{인구밀도})$ 가 있었다. 일반적으로 휘발유 가격이 오르면 자동차 주행거리가 모두 감소하는 관계가 드러나 있다(Ward et al., 2019; Hoffman & Wood, 1976⁶³). 본 모형에서도 휘발유가격이 100원 상승하면 전체승용차 주행거리는 연간 약 2,251만km 감소하고, 자가용승용차 주행거리는 연간 약 3,111만km 감소한다.

또한 일반적으로 높은 인구밀도는 인당 자동차 주행거리를 유의하게 감소시킨다(Ward et al., 2019; Chen et al., 2017⁶⁴). 인구밀도가 높은 지역은 대중교통 인프라가 잘 갖춰져 있는 반면 인구밀도가 낮은 지역은 대중교통이 불충분해 상점, 병원 등 필수적 이동을 위해서 자가용을 이용할 수밖에 없기 때문이다(Clark, 2007). 이러한 여건은 우리나라에서도

63) Hoffman, C.K. and Wood, D.O., 1976. "Energy System Modelling and Forecasting". Annual Review of Energy and the Environment. 1: 423-453.

64) Chen, F., Wu, J., Chen, X. & Wang, J., 2017. "Vehicle kilometers traveled reduction impacts of Transit-Oriented Development: Evidence from Shanghai City". Transportation Research Part D: Transport and Environment. 55: 227-245.

유효한 것으로 보인다. 모형결과 인구밀도가 1% 증가하면 전체승용차 주행거리는 연간 약 126만 5,877 km 감소하고, 자가용승용차 주행거리는 연간 약 109만 6,827 km 감소했기 때문이다.

**<표 23> IPTW 가중치를 적용한
이중차분모형(진입*도시화)**

	연간주행거리(10만km)	
	전체	자가용
	모형3.2	모형4.2
카셰어링 진입	734.7048*** (153.2853)	838.9092*** (119.8082)
도시	2069.8414*** (463.8089)	1110.6943*** (223.1764)
시골	644.356* (255.9058)	417.5047** (137.2195)
카셰어링 진입*	767.7724 (507.0694)	-1309.4997*** (258.3246)
도시	-807.429* (319.9721)	-982.6758*** (166.6258)
시골		
log(인구)	0.6506*** (0.0136)	0.5778*** (0.0079)
휘발유가격	-2.2512*** (0.3281)	-3.0894*** (0.2276)
log(인구밀도)	-1715.076*** (236.1188)	-1117.3546*** (87.7741)
인당GRDP	1.6018 (1.9369)	1.9008 (1.9073)
304050대	122.7418*** (33.9724)	162.5069*** (18.4186)
인구비중		
도시지역	17.9786** (6.9398)	6.6793 (3.8658)
인구비중		
Constant	4298.7323**	2031.7068**
Observations	2,043	2,043
R squared	0.91	0.97

-
- 주 1) '.', '*', '**', '***'는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

다음으로, 카셰어링 서비스의 진입이 주행거리에 미치는 영향이 시군구의 도시화 정도에 따라 어떻게 달라지는지 밝혀내기 위한 이중차분 모형을 분석했다. 카셰어링 차고지의 서비스 진입 이후 도시화 정도가 중간인 지역에서 전체 승용차, 자가용 승용차 주행거리 모두 연간 약 7,347만km, 8,389만km 증가했다. 하지만 도시와 시골 지역으로 나누어 보면 일괄적으로 증가한 것만은 아니다.

모형3.2와 모형4.2에서 관심 있는 변수는 카셰어링 진입*도시 와 서비스 진입*시골 이다. 우선 도시 지역은 카셰어링 서비스가 진입하기 전, 도시화 정도가 중간인 지역보다 평균적으로 2억 698만km(전체승용차), 1억 1,106만km(자가용승용차)가량 많은 연간 주행거리를 보였던 것을 확인하였다. 그리고 도시에서는 카셰어링 진입으로 인한 자가용 승용차 주행거리 감소가 발생했다. 도시에 카셰어링이 진입한 이후, 자가용 승용차의 연간 주행거리는 진입하지 않았을 때보다 연간 1억 3,094만km 줄어들었다. 반면 전체 승용차의 주행거리에 대한 카셰어링 진입의 영향은 도시에서 통계적으로 유의하지 않았다.

시골지역은 카셰어링 서비스가 진입하기 전 도시화 정도가 중간인 지역보다 평균적으로 연간 6,443만km(전체승용차), 4,175만km(자가용승용차) 많은 주행거리를 보였다. 시골 지역 또한 카셰어링의 진입 이후 전체, 자가용 승용차 모두 통계적으로 유의한 연간 주행거리의 감소가 발생했고 감소한 정도는 각 8,074만km, 9,826만km 정도였다.

도시지역에서 자가용 승용차 주행거리가 카셰어링 도입으로 인해 줄어들었다는 것은 도시지역 승용차 등록대수가 줄어든 것과 함께 환경적으로 고무적인 영향이다. 또한, 카셰어링이 도시지역 대중교통의 급속한 발전과 상호 보완적으로 기능했음을 유추해 볼 수 있다.

카셰어링 진입 이후 시골지역의 연간 주행거리가 통계적으로 유의하게

감소했다는 모형4.2의 결과를 시골 지역에서 카셰어링 진입으로 인한 자가용 등록대수의 변화는 아직 나타나지 않았다는 모형 2.2의 결과와 함께 해석할 수 있다. 이는 도시화 정도가 낮은 시군구에 카셰어링이 진입했다고 해서 주민들이 이미 보유하고 있던 자가용을 처분하지는 않는다는 하더라도, 자가용의 이용 횟수를 줄일 수는 있음을 시사한다. 또한 공적 교통 인프라가 충분히 제공하지 못해 자가용으로만 충족이 가능했던 시골 지역의 이동수요를 카셰어링이 보완할 수 있다는 가능성을 보여준다.

도시, 시골 여부라는 새로운 변수들의 삽입으로 인해 기타 독립변수들의 영향력은 앞선 일반회귀모형에서 소폭 달라진 것이 확인되나, 큰 차이는 없었다.

예를 들면 휘발유 가격 100원 증가에 따른 전체, 자가용 승용차 주행거리는 각 2,251만km, 3,089만km 감소한다는 결과는 앞선 일반회귀모형 결과(휘발유 가격 100원 증가시 주행거리 연간 약 2,251만km 감소, 3,111만km 감소)와 유사하다. 또한 인구밀도 1% 증가에 따른 자가용 승용차 주행거리 변화는 연간 약 111만 7,354 km 감소인데, 이는 앞선 일반회귀모형 결과(109만 6,827km 감소)와 유사하다. 마지막으로 304050대 인구비중의 1% 증가에 따라 자가용 승용차 연간 주행거리는 약 1,625만km 증가하는데, 앞선 일반회귀모형 결과(약 1,612만km 증가)와 크게 다르지 않다.

**<표 24> IPTW 가중치를 적용한
이중차분모형(진입*접근성)**

	연간주행거리(10만km)	
	전체	자가용
	모형3.3	모형4.3
카셰어링 진입	492.8943 (319.0198)	652.1999** (245.7459)
good	-425.463 (722.3111)	-171.445 (563.0895)
bad	725.3048 (458.3158)	-691.4204** (245.8794)
카셰어링 진입*	-2926.30896***	-2448.7106***
good	(746.7032)	(569.3393)
카셰어링 진입*	592.1503	-205.5111
bad	(366.1536)	(254.4249)
log(인구)	0.68297*** (0.0211)	0.5759*** (0.0138)
휘발유가격	-2.61672*** (0.2952)	-2.9187*** (0.2056)
log(인구밀도)	-522.94424*** (138.4345)	-848.0774*** (87.1204)
인당GRDP	15.69328*** (1.7716)	16.2066*** (1.5649)
304050대 인구비중	-2.40059 (37.5630)	69.4869* (27.3918)
도시지역 인구비중	30.22469*** (9.0221)	13.7373** (4.3437)
Constant	2192.362	4273.2848***
Observations	1,368	1,368
R squared	0.87	0.95

- 주 1) ‘,’ ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

다음으로, 카셰어링 서비스 진입이 주행거리에 미치는 영향이 시군구별 차고지 접근성에 따라 어떻게 달라지는지 밝혀내기 위한 이중차분 모형을 분석했다. 모형3.3, 모형4.3에서 차고지의 접근성은 앞선 등록대수 분석을 위한시군구의 면적 대비 카셰어링 차고지 수를 기준으로 생성된 변수이다. 면적 대비 카셰어링 차고지 수가 가장 많은 상위 51개 시군구는 good에, 가장 적은 하위 50개 시군구가 bad에 속해 있고 나머지 51개 시군구는 보통의 접근성을 가지는 그룹이며, 보통 지역이 변수로 나타나지 않은 기본값이다.

우선, 카셰어링 차고지의 서비스 진입 이후에 접근성이 중간 정도인 지역에서 자가용 승용차의 연간주행거리가 증가했다. 하지만 전체승용차에 대한 영향은 통계적으로 유의하지 않았다.

본 모형3.3, 모형4.3에서 관심 있는 이중차분 계수는 카셰어링 진입 *good 와 카셰어링 진입*bad 라는 상호작용 변수들의 계수이다. 우선, 차고지 접근성이 좋은 지역과 서비스 진입 간의 상호작용(카셰어링 진입 *good)은 전체승용차, 자가용승용차 모두의 연간 주행거리를 각 2억 9,263km, 2억 4,487km 감소시키는 것으로 나타났다. 차고지 접근성이 좋은 지역은 서비스 진입 이전에는 다른 지역과의 유의한 연간 주행거리 차이가 없었다.

한편, 카셰어링 서비스가 개입되기 전에 차고지 접근성이 나쁜 지역이 다른지역보다 평균적으로 6,914만 km 적은 연간 자가용승용차 주행거리를 보였다. 그러나 차고지 접근성이 나쁜 지역의 이중차분 계수(카셰어링 진입*bad)는 통계적으로 유의하지 않았다.

차고지 접근성이 좋은 good 지역에서 자가용 승용차 주행거리가 줄어들었다는 모형 결과는 선행연구에서 카셰어링 서비스 이용빈도가 높고 서비스 만족도, 접근성이 높을 때 자가용 대신 카셰어링 서비스를 이용할 확률이 높아진다는 기존연구(Kim et al., 2019)와 합치한다. 앞서 모형2.3. 결과를 통해 전국적으로 쏘카, 그린카 서비스에 대한 접근성이 좋을수록 자가용 등록대수 감소 반응이 존재함을 확인하였는데, 모형 4.3을 통해 연간 자가용 승용차 주행거리를 줄이는 효과도 존재함을 확인하였

다.

한편, 차고지가 적어 카셰어링 서비스에 대한 접근성이 나쁜(bad) 지역에서는 통계적으로 유의한 주행거리 변화가 발생하지 않은 것으로 보아, 카셰어링 서비스가 자가용 승용차 주행거리에 영향을 미칠 만큼 충분한 영향을 주지 못했던 것으로 보인다.

차고지 접근성의 good, bad라는 새로운 변수들의 삽입으로 인해 기타 독립변수들의 영향력은 앞선 일반회귀모형에서 소폭 달라진 것이 확인된다. 이 차이는 모형 3.3과 4.3에 활용된 표본 시군구 수는 총 152개이고 앞선 모형 3.1~4.2에 활용된 표본 시군구 수는 228개라는 것에 기인한다. 그럼에도 기본적인 영향력의 방향은 일치했다. 예를 들면 모형 3.3과 모형 4.3에서 연간 자가용 주행거리를 증가시키는 요인은 $\log(\text{인구})$, 인당 GRDP, 304050대 인구비중, 도시지역인구비중이었고 연간 자가용 주행거리를 감소시키는 요인은 휘발유 가격, $\log(\text{인구밀도})$ 임을 확인할 수 있는데, 이러한 영향의 방향(계수의 양수, 음수 여부)가 앞선 모형들과 일치한다.

제3절. 강건성 검증

본 연구에서는 앞선 회귀모형 및 이중차분 모형 결과의 신뢰성 및 재현가능성을 담보하기 위해 강건성(robustness) 검증을 수행하였다. 강건성 검증은 변수의 일부를 누락하였을 때 비슷한 결과가 도출되는지 확인하는 방식으로 수행하였다.

<표 25>와 <표 26>는 등록대수 모형(모형1.2, 모형2.2, 모형1.3, 모형2.3)에 최종적으로 반영한 기타 독립변수 중 ‘실업률’ 변수를 배제한 모형 결과이다. 해당 변수를 삭제하여도 천인당 승용차 등록대수에 대한 서비스 진입 및 도시화, 차고지 접근성 관련 이중차분 계수의 영향이 여전히 유의함을 확인하였다.

<표 27>과 <표 28>는 주행거리 모형(모형3.2, 모형4.2, 모형3.3, 모형4.3)에 최종적으로 반영된 기타 독립변수 중 ‘log 인구’ 변수를 배제한 모형 결과이다. 해당 변수를 삭제하여도 시군구의 연간 주행거리와 관련한 서비스 진입 및 도시화 관련 이중차분 계수의 영향이 여전히 유의함을 확인하였다. 한편, 모형3.3과 모형4.3의 차고지 접근성과 관련한 이중차분 계수는 log(인구) 변수를 배제했을 때 통계적 유의성이 나타나지 않아 모형3.3과 모형4.3의 강건함을 입증하지 못했다.<표 28>

<표 25> 등록대수 모형의 강건성 검증(진입*도시화)

	기존모형		실업률 배제한 모형	
	모형1.2	모형2.2	모형1.2	모형2.2
	전체	자가용	전체	자가용
카세어링 진입	20.4529*** (3.7016)	21.3922*** (4.0512)	19.8924*** (3.6875)	20.1721*** (4.3400)
urban	-12.4490 (7.1624)	-1.6615 (5.6597)	-13.1399 (7.0955)	-2.8192 (5.7957)
rural	40.8714*** (10.7847)	17.3032*** (4.4354)	40.637*** (10.8762)	17.2189*** (4.5182)
카세어링 진입*	-11.6348* (5.7289)	-19.5238*** (5.4479)	-11.2987 (5.8523)	-18.5335** (5.6671)
urban	-5.7141 (12.2292)	-6.2982 (5.6603)	-4.7253 (12.1512)	-5.4440 (5.8964)
rural	-0.1392*** (0.0058)	0.1359*** (0.0052)	-0.139*** (0.00597)	-0.1344*** (0.0052)
log(인구밀도)	-11.4899*** (2.5892)	13.613*** (1.6098)	-11.5809*** (2.9816)	-14.3296*** (1.6001)
인당GRDP	0.1069*** (0.0244)	0.1174*** (0.0215)	0.1054*** (0.0235)	0.115*** (0.0205)
304050대 인구비중	3.7275** (1.3137)	6.5205*** (0.5223)	3.6000** (1.2899)	6.3861*** (0.5210)
도시지역	0.9329*** (0.2388)	0.4458** (0.1358)	0.9333*** (0.2446)	0.4573*** (0.1381)
인구비중	-86.7137 (160.5898)	212.5706** (64.5780)		
실업률				
Constant	377.1136***	286.8625***	19.8924***	20.1721***
Observations	2,497	2,497	2,497	2,497
R squared	0.28	0.53	0.28	0.53

- 주 1) ‘,’ ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

<표 26> 등록대수 모형의 강건성 검증(진입*접근성)

	기존모형		실업률 배제한 모형	
	모형.1.3	모형2.3	모형1.3	모형2.3
	전체	자가용	전체	자가용
카셰어링 진입	11.1367** (4.1116)	9.5206** (3.5758)	10.8304** (4.1084)	8.2395* (3.6036)
good	-26.2917** (8.1578)	-15.3525* (6.7285)	-26.5371** (8.0643)	-17.3645* (6.8844)
bad	10.7454 (7.1256)	0.2222*** (5.5286)	10.2407 (6.9204)	-0.8166 (5.4860)
카셰어링 진입*	-16.0890* (7.6861)	-15.0529* (7.0138)	-17.1164* (7.7666)	-14.4958* (7.1377)
good	22.9756*** (6.2370)	14.2847** (5.0138)	21.9842*** (6.3645)	13.4449** (5.1987)
bad	-0.1274*** (0.0069)	-0.1272*** (0.0058)	-0.1275*** (0.0070)	-0.1249*** (0.0060)
휘발유가격	-5.033 . (2.5753)	-10.5205*** (1.9927)	-5.0493 . (2.7546)	-11.7938*** (1.9101)
log(인구밀도)	0.463*** (0.0406)	0.432*** (0.0402)	0.4612*** (0.0406)	0.4235*** (0.0400)
인당GRDP	4.7841*** (0.9404)	6.1036*** (0.6821)	4.6208*** (0.9001)	5.7498*** (0.6689)
304050대 인구비중	0.4544* (0.1883)	0.3626** (0.1147)	0.4187* (0.1861)	0.3443** (0.1161)
도시지역	-182.0147 (234.0161)	474.7499** (152.8820)		
실업률				
Constant	294.7669***	280.4629***	300.5598***	290.8274***
Observations	1,672	1,672	1,672	1,672
R squared	0.43	0.54	0.42	0.53

- 주 1) ‘.’, ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

<표 27> 주행거리 모형의 강건성 검증(진입*도시화)

	기존모형		log(인구) 배제한 모형	
	모형.3.2	모형.4.2	모형.3.2	모형.4.2
	전체	자가용	전체	자가용
카셰어링 진입	734.7048*** (153.2853)	838.9092*** (119.8082)	1396.9348* (559.0325)	1420.2892** (527.3217)
도시	2069.8414*** (463.8089)	1110.6943*** (223.1764)	10985.3508*** (1756.0101)	10104.6893*** (1578.2816)
시골	644.356* (255.9058)	417.5047** (137.2195)	704.4621 (669.1537)	339.2114 (628.3465)
카셰어링 진입* 도시	767.7724 (507.0694)	-1309.4997*** (258.3246)	-14935.2897*** (1542.6459)	-15477.4616*** (1447.8035)
카셰어링 진입* 시골	-807.429* (319.9721)	-982.6758*** (166.6258)	-2768.2391*** (700.1997)	-2756.2996*** (641.2001)
log(인구)	0.6506*** (0.0136)	0.5778*** (0.0079)		
휘발유가격	-2.2512*** (0.3281)	-3.0894*** (0.2276)	-14.3689*** (1.5734)	-14.2359*** (1.5086)
log(인구밀도)	-1715.076*** (236.1188)	-1117.3546*** (87.7741)	1594.136** (594.1538)	1654.7785** (526.5499)
인당GRDP	1.6018 (1.9369)	1.9008 (1.9073)	-35.5354*** (2.7474)	-32.7802*** (2.4898)
304050대	122.7418*** (33.9724)	162.5069*** (18.4186)	1172.1312*** (94.7152)	1125.0714*** (87.4882)
인구비중				
도시지역	17.9786** (6.9398)	6.6793 (3.8658)	-19.4707 (23.2715)	-30.2539 (22.3706)
인구비중				
Constant	4298.7323**	2031.7068**	-27557.9792***	-25784.7087***
Observations	2,043	2,043	2,043	2,043
R squared	0.91	0.97	0.59	0.62

- 주 1) ‘,’ ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

<표 28> 주행거리 모형의 강건성 검증(진입*접근성)

	기존모형		log(인구) 배제한 모형	
	모형.3.3	모형.4.3	모형.3.3	모형.4.3
	전체	자가용	전체	자가용
카셰어링 진입	492.8943 (319.0198)	652.1999** (245.7459)	2085.4869. (1222.1666)	2046.0041. (1071.07118)
good	-425.463 (722.3111)	-171.445 (563.0895)	-768.9583 (1626.8027)	-391.775*** (1360.99455)
bad	725.3048 (458.3158)	-691.4204** (245.8794)	-1417.9736 (1577.5441)	-2592.7237* (1259.18684)
카셰어링 진입* good	-2926.30896*** (746.7032)	-2448.7106*** (569.3393)	-2287.7474 (1668.4797)	-1977.3898 (1409.95924)
카셰어링 진입* bad	592.1503 (366.1536)	-205.5111 (254.4249)	422.7105 (1359.8724)	-494.4638 (1141.68351)
log(인구)	0.68297*** (0.0211)	0.5759*** (0.0138)		
휘발유가격	-2.61672*** (0.2952)	-2.9187*** (0.2056)	-4.9792*** (1.1191)	-4.9394*** (0.89108)
log(인구밀도)	-522.94424*** (138.4345)	-848.0774*** (87.1204)	-67.9724 (386.4081)	-464.5709 (331.42833)
인당GRDP	15.69328*** (1.7716)	16.2066*** (1.5649)	-19.1545*** (3.8583)	-13.0876*** (3.38549)
304050대 인구비중	-2.40059 (37.5630)	69.4869* (27.3918)	1026.1585*** (87.7214)	934.5995*** (74.46683)
도시지역 인구비중	30.22469*** (9.0221)	13.7373** (4.3437)	90.1294** (27.907)	60.6378*** (18.06269)
Constant	2192.362	4273.2848***	-35647.7802* **	-27179.3568 ***
Observations	1,368	1,368	1,368	1,368
R squared	0.87	0.95	0.29	0.34

주 1) ‘,’ ‘*’, ‘**’, ‘***’는 각각 10%, 5%, 1%, 0.1%의 유의수준을 의미
 2) 괄호안은 표준오차(standard error)를 의미
 3) IPTW 가중치 적용이 종속변수의 분포에 영향을 미쳤기 때문에 적합도의 지표로 수정된 R-제곱이 아닌 Kullback-Leibler R-제곱을 사용

제6장. 결론

제1절. 연구요약

본 연구에서는 카셰어링 서비스의 진입 이후 전국 시군구의 승용차 등록대수와 주행거리가 변화했는지 이중차분법을 통해 분석하였다. 이를 위해 승용차 등록대수와 승용차 주행거리를 종속변수로, 전국 227개 시군구의 카셰어링 최초 진입 연월을 주요 독립변수로 한 11년간(2010년-2020년)의 패널자료를 구축하였다.

한편, 카셰어링 서비스 진입의 영향은 시군구의 도시화 정도 또는 카셰어링 차고지에 대한 접근성에 따라 다를 것이라 가정하고 각 시군구의 도시화 정도와 면적 대비 카셰어링 차고지 개수에 따라 새로운 변수를 생성하였다. 이는 시군구의 카셰어링 진입여부를 나타내는 변수와 결합하여 이중차분 계수로 활용하였다.

서비스 진입과 시군구별 도시화 수준, 차고지 접근성 수준 이외에 승용차 등록대수와 주행거리에 영향을 줄 만한 독립변수로는 시군구별 인구, 휘발유 가격, 인구밀도, 인당 GRDP, 304050대 인구비중, 도시지역인구비중, 실업률을 선정하였다.

수집된 11년간의 전국 시군구별 패널데이터에 대한 이중차분 모형 분석에 앞서, 종속변수들에 IPTW 가중치를 적용하였다. IPTW 가중치는 이중차분법의 주요 가정인 평행추세 가정을 만족시키기 위한 것으로, 이 과정을 거쳐 분석모형의 이중차분 계수를 인과적 영향으로 해석할 수 있게 되었다.

본 연구의 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 카셰어링 진입 이후 시군구단위 천인당 등록대수가 변화하였다. 둘째, 카셰어링 진입 이후 시군구단위 연간 주행거리가 변화하였다. 셋째, 카셰어링 진입 이후 천인당 등록대수와 연간 주행거리의 감소 영향은 시군구의 도시화 정도가 높은 곳에서, 그리고 시군구의 카셰어링에 대한 서비스 접근성이 좋은 곳에서 두드러졌다.

우선 도시 지역에서 카셰어링이 진입한 이후 진입하기 전보다 천인당 전체, 자가용 승용차 등록대수가 각각 11.63대, 19.52대가량 감소했다. 그러나 시골 지역에서는 통계적으로 유의한 천인당 승용차 등록대수 영향이 발생하지 않았다.

그리고 면적 대비 카셰어링 차고지 수가 많아 서비스에 대한 접근성이 좋은 지역에서 천인당 전체, 자가용 승용차 등록대수가 각 16.09대, 15.05대가량 감소했다. 반면, 접근성이 나쁜 지역에서는 카셰어링 진입 이후 천인당 자가용 등록대수가 오히려 14.28대가량 늘어났다.

등록대수와 마찬가지로 연간 주행거리 또한 카셰어링 접근성이 좋은 지역과 나쁜 지역 간에 카셰어링 진입으로 인한 영향의 차이가 존재했다. 특히, 카셰어링 차고지 접근성이 좋은 good 지역에서는 카셰어링의 진입 이후 전체승용차, 자가용승용차의 연간주행거리가 각 2억 9,263km, 2억 4,487km가량 감소했다. 이 결과는 서비스 만족도, 접근성이 높을 때 자가용 대신 카셰어링 서비스를 이용할 확률이 높아진다는 기존연구(Kim et al., 2019)와 합치한다.

또한, 카셰어링 차고지에 대한 접근성이 안좋은 bad 지역에서는 카셰어링 진입 전후 통계적으로 유의한 연간주행거리의 변화가 발생하지 않았다.

그러나 본 분석모형의 연구 결과를 해석할 때는 주의를 요한다. 우선, 도시, 시골 지역에서 카셰어링 진입이 전체 승용차 주행거리를 감소시켰다고 해서 카셰어링이 오로지 도시에서 주행거리를 감소시켰다고 보기에는 무리가 있다. 실제로 어떠한 매커니즘으로 주행거리 감소가 발생했는지까지는 분석의 범위에 포함되지 않기 때문이다. 그보다는 이와 같이 해석하는 것이 좀 더 타당할 것이다. 도시지역에서 카셰어링 진입으로 인해 전체 승용차 주행거리가 카셰어링 진입 전보다 감소했다는 것은, 카셰어링이 진입함으로써 비소유자가 자동차를 더욱 타게 되거나, 공차주행 유발로 주행거리를 증가시키는 효과보다 카셰어링이 자가용 이용횟수를 줄임으로써 주행거리를 감소시키는 효과가 해당 기간동안 더욱 강하게 작용한 것이다.

제2절. 연구의 시사점

본 연구의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 카셰어링의 환경성은 도시적인 현상이다. 카셰어링 진입으로 인해 도시화 정도가 보통인 지역에서는 등록대수, 주행거리가 모두 증가했지만, ‘도시’ 지역에서만은 통계적으로 유의한 등록대수, 주행거리 측면의 감소가 발생했다. 물론 시골에서도 자가용 승용차의 주행거리 감소가 발생했지만 그 정도가 크지 않았다. 이를 통해 자가용 보유대수 감소와 주행거리 감소로 대표되는 카셰어링의 개념적 환경성과는 아직까지는 도시에서 발생하는 도시적인 현상임을 도출하였다.

둘째, 카셰어링은 일부 지역에서는 환경적 성과를 충분히 내지 못하고 있다. 특히, 도시화 정도가 평균 정도인 지역에 대한 영향은 카셰어링 진입 후 진입 전보다 등록대수, 주행거리 모두 증가하는 방향으로 영향을 미쳤다. 그리고 카셰어링 차고지에 대한 접근성이 떨어지는 곳은 시군구의 천인당 승용차 등록대수와 연간주행거리에 통계적으로 유의한 감소를 불러일으키지 않았다. 전국 시군구 중 1/3 정도에 해당하는 이들 시군구는 아직 카셰어링의 이용률이 낮아 승용차 등록대수와 주행거리에 충분한 영향을 미치지 못한 것이다. 종합하면 국내 B2C 카셰어링 서비스가 도입된 지 10년이 지나 충분히 성숙했음에도 불구하고, 많은 지역에서 아직 환경성과를 내지 못했다고 평가할 수 있다.

셋째, 카셰어링 사업이 확대되어 주차 더 많은 시군구에서 차고지에 대한 접근성이 좋아지면 환경성과가 보다 뚜렷해질 것이다. 연구 결과, 차고지에 대한 접근성이 좋은 시군구에서는 등록대수가 감소하고 차고지에 대한 접근성이 나쁜 시군구는 오히려 등록대수가 증가했다. 주행거리의 경우 차고지에 대한 접근성이 좋은 시군구에서 카셰어링 진입 이후 연간 주행거리가 감소했으며 접근성이 나쁜 시군구는 통계적으로 유의한 주행거리 영향이 발생하지 않았다. 즉, 카셰어링 차고지가 가까워 이용이 편리할수록 시군구민이 카셰어링을 실질적인 자가용의 대체 수단으로써 인식하고 보유대수 감소 및 자가용 주행거리의 감소라는 반응을 보인 것이

다. 이는 아직까지 면적 대비 카셰어링 차고지가 적고 이용이 불편한 지역에 카셰어링 차고지가 충분히 많아져 이용이 편리해진다면 자가용 이용 횟수와 보유 대수가 줄어든 가능성이 있음을 시사한다.

제3절. 연구의 한계 및 차별성

본 연구는 시군구별 승용차 등록대수와 승용차 주행거리에 영향을 준 만한 카셰어링 관련 변수로 쏘카와 그린카의 진입 여부만을 이용했다. 보다 엄밀한 카셰어링 도입의 환경영향을 살피기 위해서는 쏘카, 그린카의 서비스 차량 대수, 주행거리, 매출 등의 정보가 있어야 한다. 그러나 이 정보는 기업 내부 데이터로써 접근이 불가능했다.

쏘카와 그린카가 기존에는 왕복 반납만이 가능해서 ‘반쪽짜리’ 카셰어링이었다면, 최근 편도 서비스가 가능해지면서 카셰어링의 이용횟수와 영향력 또한 커졌을 것이다. 하지만 시군구별 편도 서비스의 개시 시기를 알 수 없어 분석에 반영하지 못했다. 카셰어링의 편도 서비스 개시로 인한 차량 보유대수와 주행거리 변화를 분석하는 것도 좋은 연구가 될 수 있을 것이다.

또한, 카셰어링 진입 이후 등록대수와 주행거리에 대한 이중차분 계수가 통계적으로 유의했던 지역에 대해 그것이 카셰어링 진입 때문이었다고 인과적인 해석을 하기에는 무리가 있다. 특히 수도권외의 경우 대중교통 인프라가 분석기간인 2010년부터 2020년 동안 빠른 속도로 발전했는데, 등록대수와 주행거리 감소라는 영향이 이로 인해 발생했을 가능성을 완전히 배제할 수는 없기 때문이다. 따라서 카셰어링 진입 이후 도시 지역에서 자가용 승용차 등록대수가 감소했다는 것은 카셰어링의 진입이 도보와 자전거, 대중교통을 대체하지는 않았다는 것으로 해석하는 것이 더욱 타당해 보인다.

마지막으로 현재 분석 단위인 시군구가 시도단위보다는 세밀한 자료이지만, 만약 쏘카 그린카 차고지의 정확한 위치 정보가 있으면 시군구 단위 말고 읍면동 단위로 더욱 해상도 높은 분석을 할 수 있었을 것이다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 시군구에 카셰어링이 진입하면, 도시라는 조건하에 카셰어링 이용자 뿐 아니라 비이용자에게도 편익이 도달할 수 있음을 보였다. 카셰어링의 진입으로 자동차 등록대수와 주행거리가 줄어들어 발생하는 환경편익 및 교통혼잡 해소는 비단 서비스 이용자 뿐 아니라 비사용자 국민도 누릴 수 있는 편익이기 때문이다. 또한 차고지 접근성이 좋은 지역과 나쁜 지역에서의 서로 다른 결과를 통해 서비스가 더욱 확산되고 많은 곳에 차고지가 접근가능하게 되면 개인의 자가용 보유대수를 줄일 수 있다는 가능성을 시사했다.

이제까지 주로 설문 방법으로 조사된 카셰어링의 환경영향이 국내 여건에서는 어떻게 드러나는지 실증 자료로 확인했다는 점도 본 연구가 기존 연구와 차이를 두는 지점이다.

참고문헌

- 기아, 2023. 2022년 사업보고서
- 삼성증권, 2021. 모빌리티(OVERWEIGHT) : 공유의 시대, 누가 승자가 될 것인가?.
- 윤혁렬, 유경상, 홍상연, 기현균, 박세현, 2019. 서울형 통합교통서비스 도입방안. 서울연구원.
- 이영인, 2021. “카셰어링 서비스의 전과정 평가 기반 환경영향 변화 요인에 관한 연구-다계층 LMDI 분석을 중심으로”. 서울대학교 대학원 도시계획학 박사학위논문.
- 이재호, 스마트 모빌리티 사회. 서울: 카모마일북스, 2019.05.
- 한국교통연구원, 2022. 2021년 수도권 여객 기·종점통행량(OD) 조사 및 현행화 공동사업-3편. 188쪽
- 현대자동차, 2023. 2022년 사업보고서
- Rosenblat, A. 저자(글)· 신소영 번역, 우버 혁명- 공유 경제 플랫폼이 변화시키는 노동의 법칙(Uberland: How Algorithms Are Rewriting the Rules of Work), 서울: 유엑스리뷰, 2019.07.
- Amatuni, L., Ottelin, J., Steubing, B. & Mogollón, J.M., 2020. “Does car sharing reduce greenhouse gas emissions? Assessing the modal shift and lifetime shift rebound effects from a life cycle perspective”. Journal of Cleaner Production. 266(September 2020), 121869
- Bhattacharyya, S.C. & Timilsina, G.R., 2009. “Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models”. The World Bank Policy Research Working Papers.
- Chen, F., Wu, J., Chen, X. & Wang, J., 2017. “Vehicle kilometers traveled reduction impacts of Transit-Oriented Development: Evidence from Shanghai City”. Transportation Research Part

- D: Transport and Environment. 55: 227–245.
- Chesnaye, N.C., Stel, V.S., Tripepi, G., Dekker, F.W., Fu, E.L., Zoccali, C. & Jager K.J., 2022. “An introduction to inverse probability of treatment weighting in observational reserach”, *Clinical Kidney Journal*. 15(1): 14–20.
- Circella, G., Matson, G., Alemi, F. & Handy, S., 2019. “Panel Study of Emerging Transportation Technologies and Trends in California: Phase 2 Data Collection”. Institute of Transportation Studies, Working Paper Series qt35x894mg, Institute of Transportation Studies, UC Davis.
- Clark, S.D. & Finley, A.O., 2010. “Spatial Modelling of Car Ownership Data: A Case Study from the United Kingdom”. *Applied Spatial Analysis and Policy*. 3: 45–65.
- Clark, S.D., 2007. “Estimating local car ownership models”. *Journal of Transport Geography* 15, 184 – 197
- Clewlöw, R.R., 2016. “Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area”. *Transport Policy*. 51: 158–164.
- Clewlöw, R.R. & Mishra, G.S., 2017. “Disruptive Transportation: The adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States”. Institute of Transportation Studies, Working Paper Series qt82w2z91j, Institute of Transportation Studies, UC Davis.
- Cole, S.R. & Hernán, M.A., 2008. “Constructing Inverse Probability Weights for Marginal Structural Models”. *American Journal of Epidemiology*. 168(6): 656–664.
- CoMoUK. 2022. Car Club Annual Rport United Kingdom 2021.
- Deloitte. 2020. Future of Sales and Aftersales Impact of current industry trends on OEM revenues and profits until 2035.

Germany: Deloitte.

- Deloitte. 2022. 카플레이션 시대, 자동차구매의향 감소 조짐...대응전략은.
- Eckhardt, J., Lauhkonen, A. & Aapaoja, A., 2020. "Impact assessment of rural PPP MaaS pilots". *European Transport Research Review*. 12(1): 49.
- Fioreze, T., Gruijter, M. & Geurs, K., 2019. "On the likelihood of using Mobility-as-a-Service: A case study on innovative mobility services among residents in the Netherlands". *Case Studies on Transport Policy*. 7(4)
- Hankach, P., Gastineau, P. & Vandanjon, P.O., 2022. "Multi-scale spatial analysis of household car ownership using distance-based Moran's eigenvector maps: Case study in Loire-Atlantique (France)". *Journal of Transport Geography*. 98, 103223.
- Hoffman, C.K. and Wood, D.O., 1976. "Energy System Modelling and Forecasting". *Annual Review of Energy and the Environment*. 1: 423-453.
- Kim, D., Park, Y. & Ko, J., 2019. "Factors underlying vehicle ownership reduction among carsharing users: A repeated cross-sectional analysis". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 76(November 2019): 123-137.
- Kolleck, A., 2021. "Does Car-Sharing Reduce Car Ownership? Empirical Evidence from Germany". *Sustainability*. 13(13): 7384.
- Labee, P., Rasouli, S. & Liao, F., 2022. "The implications of Mobility as a Service for urban emissions". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 102(January 2022), 103128.
- Martin, E. & Shaheen, S.A., 2012. "Greenhouse Gas Emission Impacts

- of Carsharing in North America". *IEEE Transactions on Intelligent Transport Systems*. 12(4): 1074–1086.
- Migliore, M., Gabriele, D. & Domenico, C., 2020. "The environmental benefits of carsharing: the case study of Palermo". *Transportation Research Procedia*, 48: 2127–2139.
- Morfeldt, J. & Johansson, D.J.A., 2022. "Impacts of shared mobility on vehicle lifetimes on the carbon footprint of electric vehicles". *Nature Communications* 2022 Oct 27;13(1):6400.
- Nijland, H. & Meerkerk, J., 2017. "Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands". *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 23(June 2017): 84–91.
- Shaheen, S., Cano, L. & Camel, M., 2016. "Exploring electric vehicle carsharing as a mobility option for older adults: A case study of a senior adult community in the San Francisco Bay Area". *International Journal of Sustainable Transportation*. 10(5): 406–417.
- Uber. 2022. Uber 2022 ESG Report.
- Union of Concerned Scientists. 2020. Ride-Hailing's Climate Risks.
- Ward, J.W., Michalek, J.J., Azevedo, I.L., Samaras, C. & Ferreira, P., 2019. "Effects of on-demand ridesourcing on vehicle ownership, fuel consumption, vehicle miles traveled, and emissions per capita in U.S. States". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 108(3): 289–301.
- Ward, J.W., Michalek, J.J., Azevedo, I.L., Henao, A., Rames, C., & Wenzel, T., 2021. "The impact of Uber and Lyft on vehicle ownership, fuel economy, and transit across U.S. cities". *iScience*. 24(1), 101933
- Wenzel, T., Rames, C., Kontou, E., & Henao, A., 2019. "Travel and energy implications of ridesourcing service in Austin, Texas. T

- ransportation Research Part D: Transport and Environment. 70 (2019): 18–34.
- Wooldridge, J.M. 2010. *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.
- Yan, J.E. & Passmore, D., 2013. “Carsharing and Car Ownership at the Building Scale”. *Journal of the American Planning Association* 79(1):82–91.
- Zhou, F., Zheng, Z., Whitehead, J., Perrons, R.K., Washington, S. & Page, L., 2020. “Examining the impact of car-sharing on private vehicle ownership”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 138: 322–341.

누리집

- 법제처. 「국가법령정보센터」, <https://www.law.go.kr/>. 2023년 05월 08일 검색.
- 국토교통부. 「교통부문수송실적보고」, <https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4259>. 2023년 05월 08일 검색.
- 국토교통부. 「자동차등록현황보고」, https://www.jejusi.go.kr/information/status/cars.do?mode=detail¬ice_id=t_BOD_0318_233357¤tPageNo=15. 2023년 05월 21일 검색.
- 국토교통부. 2020.4.24.. (보도자료)주차문제로 몸살 앓던 부천 원도심 스마트시티 처방으로 획기적 개선..전국 확대한다. http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95083815. 2023년 05월 01일 검색.
- 국토교통부. 「지적통계」, https://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView.do?hRsId=24&hFormId=&hDivEng=&month_yn=. 2023년 05월 21일 검색.
- 그린카. 내 주변에서 가장 가까운 그린존, <https://green-zone.tistory.com/category/%EB%B6%80%EC%82%B0%C2%B7%EA%B2%BD%EB%82%A8>. 2023년 05월 21일 검색.
- 오피넷. 「사업자별 과거 판매가격」, <https://www.opinet.co.kr/user/opdownload/opDownload.do>. 2023년 05월 08일 검색.
- 통계청. 「지역통계」,
- 통계청. 「지역별고용조사」
- 한국국토정보공사. 「도시계획현황」
- 한국교통안전공단. 「자동차주행거리통계」, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=426&tblId=DT_426001_N004. 2023년 05월 21일 검색.
- 행정안전부. 「주민등록인구현황」, <https://kosis.kr/statHtml/statHtml.d>

- o?orgId=101&tblId=DT_1B040A3&conn_path=I3. 2023년 05월 21일 검색.
- 권정두. 2022.09.14. ‘더딘 성장’ 그린카...점점 더 벌어지는 쏘카와의 격차. 시사위크. <http://www.sisaweek.com/news/articleView.html?idxno=156415>. 2023년 03월 01일 검색.
- 권정두. 2022.11.25. ‘반쪽 카셰어링’ 끝나나...공정위, 규제 개선 시동. 시사위크. <http://www.sisaweek.com/news/articleView.html?idxno=200960>. 2023년 03월 01일 검색.
- 김보경, 2016.09.02. 그린카, 부산에서도 ‘원하는 곳에서 반납 가능’. 이데일리. <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=02240246612776184&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y>. 2023년 03월 01일 검색.
- 김성현. 2023.05.15. “쏘카, “자차 소유자 10명 중 9명, 차량 이용시간 하루 2시간 미만”. ZDNET Korea. <https://n.news.naver.com/article/092/0002292161>. 2023년 05월 21일 검색.
- 김윤수, 2023.01.01. 카카오 전기택시 1만여대로 확대...‘친환경’ 가속. 서울경제. <https://www.sedaily.com/NewsView/29KB1CVEKP>. 2023. 05월 01일 검색.
- 신화섭, 2023.02.21. 그린카, 인천시 카셰어링 공식 사업자 선정...“자원봉사자 무료 쿠폰 지급”. MOTORGRAPH. <https://www.motorgraph.com/news/articleView.html?idxno=31654>. 2023년 05월 08일 검색.
- 이강준. 2023.04.28. “너무 비싸진 車, 도저히 못 사겠다”...韓 차량 구매 의향 지수 최저치. 머니투데이. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023042809185475256>. 2023년 05월 10일 검색.
- 이소연, 2022.09.15. 쏘카, ‘쏘카존 편도’정식 서비스 시작...전국 10개 도시로 확대. 조선비즈. <https://biz.chosun.com/it-science/ict/2022/09/15/6H5SC3VODBDL3CPQKLZTCNOQ5M/>. 2023년 03월 01일 검색.

- 정은지, 2022.04.18. [ESG 리더스] 박재욱 쏘카 대표, '종합 모빌리티' 혁신으로 ESG 이끈다. 녹색경제신문. <https://www.greened.kr/news/articleView.html?idxno=295103>. 2023년 05월 01일 검색.
- 트렌드모니터. 2020.05. 자동차의 소유보다는 '사용' 가치를 중요하게 생각하는 요즘 소비자들. <https://www.trendmonitor.co.kr/tmweb/trend/allTrend/detail.do?bIdx=1948&code=0304&trendType=CKOR> EA. 2023년 05월 08일 검색.
- Costa, E., 2015.04.17. Young people increasingly uninterested in car ownership. CFNews. https://www.unive.it/pag/16584/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=11705&cHash=c78cc14e516e2512f7d0a3a8039c9875. Accessed 08 May. 2023.
- Hern, A., 2015.04.17. Uber claims new taxi-sharing service saves 120 tonnes of CO2 a month. The Guardian. <https://www.theguardian.com/technology/2015/apr/17/uber-taxi-sharing-service-saves-120-tonnes-co2-month>. Accessed 01 May. 2023.

부록

부록 1. 시군구의 구분

<부록 표 1> 차고지 접근성에 따른 시군구 구분

구분	시군구
bad (n=49)	"강원도삼척시", "강원도양양군", "강원도원주시", "강원도인제군", "강원도철원군", "강원도춘천시", "강원도홍천군", "강원도횡성군", "경기도가평군", "경기도광주시", "경기도안성시", "경기도양평군", "경기도여주시", "경기도연천군", "경기도포천시", "경상남도남해군", "경상남도밀양시", "경상남도사천시", "경상남도통영시", "경상북도경주시", "경상북도김천시", "경상북도문경시", "경상북도상주시", "경상북도안동시", "경상북도영주시", "경상북도영천시", "경상북도칠곡군", "대구광역시달성군", "부산광역시강서구", "울산광역시울주군", "인천광역시강화군", "전라남도광양시", "전라남도나주시", "전라남도무안군", "전라남도순천시", "전라북도김제시", "전라북도남원시", "전라북도정읍시", "제주특별자치도", "충청남도공주시", "충청남도당진시", "충청남도보령시", "충청남도서산시", "충청남도태안군", "충청남도홍성군", "충청북도음성군", "충청북도제천시", "충청북도진천군", "충청북도충주시"
SOSO (n=53)	"강원도강릉시", "강원도동해시", "강원도속초시", "경기도군포시", "경기도김포시", "경기도동두천시", "경기도시흥시", "경기도양주시", "경기도오산시", "경기도의왕시", "경기도의정부시", "경기도이천시", "경기도파주시", "경기도평택시", "경기도하남시", "경기도화성시", "경상남도거제시", "경상남도김해시", "경상남도양산시", "경상남도진주시", "경상남도통합창원시", "경상북도경산시", "경상북도구미시", "경상북도포항시", "광주광역시광산구", "광주광역시남구", "광주광역시동구", "광주광역시북구", "대구광역시동구", "대구광역시북구", "대구광역시서구", "대구광역시수성구", "대전광역시대덕구", "대전광역시동구", "대전광역시서구", "대전광역시유성구", "대전광역시중구", "부산광역시금정구", "부산광역시기장군", "부산광역시사상구", "울산광역시동구", "울산광역시북구", "울산광역시중구", "인천광역시계양구", "인천광역시서구", "인천광역시중구", "전라남도목포시", "전라남도여수시", "전라북도군산시", "전라북도익산시", "충청남도아산시", "충청남도천안시", "충청북도청주시"
good (n=51)	"경기도광명시", "경기도구리시", "경기도부천시", "광주광역시서구", "대구광역시남구", "대구광역시달서구", "대구광역시중구", "부산광역시남구", "부산광역시동구", "부산광역시동래구", "부산광역시부산진구", "부산광역시북구", "부산광역시사하구", "부산광역시서구", "부산광역시수영구", "부산광역시연제구", "부산광역시영도구", "부산광역시중구", "부산광역시해운대구", "서울특별시강남구", "서울특별시강동구", "서울특별시강북구", "서울특별시강서구", "서울특별시관악구", "서울특별시광진구", "서울특별시구로구", "서울특별시금천구", "서울특별시노원구", "서울특별시도봉구", "서울특별시동대문구", "서울특별시동작구", "서울특별시마포구", "서울특별시서대문구", "서울특별시서초구", "서울특별시성동구", "서울특별시성북구", "서울특별시송파구", "서울특별시양천구", "서울특별시영등포구", "서울특별시용산구", "서울특별시은평구", "서울특별시종로구", "서울특별시중구", "서울특별시중랑구", "울산광역시남구", "인천광역시남동구", "인천광역시동구", "인천광역시미추홀구", "인천광역시부평구", "인천광역시연수구"

<부록 표 2> 도시화 수준에 따른 시군구 구분

구분	시군구
시골 (n=74)	"강원도고성군","강원도양양군","강원도인제군","강원도평창군","강원도홍천군","강원도화천군", "강원도횡성군","경기도가평군","경기도양평군","경기도여주시","경기도포천시","경상남도고성", "경상남도남해군","경상남도사천시","경상남도산청군","경상남도의령군","경상남도창녕군", "경상남도하동군","경상남도함안군","경상남도함양군","경상남도합천군","경상북도고령군","경상", "경상북도군위군","경상북도봉화군","경상북도상주시","경상북도성주군","경상북도영덕군","경상북도", "경상북도영양군","경상북도예천군","경상북도울진군","경상북도의성군","경상북도청도군","경상북도청송", "군","인천광역시강화군","인천광역시옹진군","전라남도강진군","전라남도고흥군","전라남도곡성", "군","전라남도구례군","전라남도나주시","전라남도담양군","전라남도무안군","전라남도보성군", "전라남도신안군","전라남도영암군","전라남도완도군","전라남도장성군","전라남도진도군","전라", "남도함평군","전라남도해남군","전라북도고창군","전라북도김제시","전라북도무주군","전라북도", "부안군","전라북도순창군","전라북도완주군","전라북도임실군","전라북도장수군","전라북도진안", "군","충청남도계룡시","충청남도금산군","충청남도당진시","충청남도부여군","충청남도서천군", "충청남도예산군","충청남도청양군","충청남도태안군","충청북도괴산군","충청북도단양군","충청", "북도보은군","충청북도영동군","충청북도옥천군","충청북도음성군","충청북도진천군"
평균 (n=53)	"강원도강릉시","강원도삼척시","강원도양구군","강원도영월군","강원도원주시","강원도정선군", "강원도철원군","강원도춘천시","경기도안성시","경기도양주시","경기도연천군","경기도이천시", "경기도파주시","경기도평택시","경기도화성시","경상남도거제시","경상남도거창군","경상남도", "김해시","경상남도밀양시","경상남도양산시","경상남도진주시","경상남도통영시","경상북도경산", "시","경상북도경주시","경상북도김천시","경상북도문경시","경상북도안동시","경상북도영주시", "경상북도영천시","경상북도울릉군","경상북도칠곡군","대구광역시달성군","부산광역시기장군", "울산광역시울주군","전라남도광양시","전라남도순천시","전라남도여수시","전라남도영광군","전", "라남도장흥군","전라남도화순군","전라북도군산시","전라북도남원시","전라북도익산시","전라북", "도정읍시","충청남도공주시","충청남도논산시","충청남도보령시","충청남도서산시","충청남도아", "산시","충청남도홍성군","충청북도제천시","충청북도청주시","충청북도충주시"
도시 (n=100)	"강원도동해시","강원도속초시","강원도태백시","경기도고양시","경기도과천시","경기도광명시", "경기도광주시","경기도구리시","경기도군포시","경기도김포시","경기도남양주시","경기도동두", "천시","경기도부천시","경기도성남시","경기도수원시","경기도시흥시","경기도안산시","경기도안", "양시","경기도오산시","경기도용인시","경기도의왕시","경기도의정부시","경기도하남시","경상남", "도통합창원시","경상북도구미시","경상북도포항시","광주광역시광산군","광주광역시남구","광주", "광역시동구","광주광역시북구","광주광역시서구","대구광역시남구","대구광역시달서구","대구광", "역시동구","대구광역시북구","대구광역시서구","대구광역시수성구","대구광역시중구","대전광역", "시대덕구","대전광역시동구","대전광역시서구","대전광역시유성구","대전광역시중구","부산광역", "시강서구","부산광역시금정구","부산광역시남구","부산광역시동구","부산광역시동래구","부산광", "역시부산진구","부산광역시북구","부산광역시사상구","부산광역시사하구","부산광역시서구","부", "산광역시수영구","부산광역시연제구","부산광역시영도구","부산광역시중구","부산광역시해운대", "구","서울특별시강남구","서울특별시강동구","서울특별시강북구","서울특별시강서구","서울특별", "시관악구","서울특별시광진구","서울특별시구로구","서울특별시금천구","서울특별시노원구","서", "울특별시도봉구","서울특별시동대문구","서울특별시동작구","서울특별시마포구","서울특별시서", "대문구","서울특별시서초구","서울특별시성동구","서울특별시성북구","서울특별시송파구","서울", "특별시양천구","서울특별시영등포구","서울특별시용산구","서울특별시은평구","서울특별시종로", "구","서울특별시중구","서울특별시중랑구","울산광역시남구","울산광역시동구","울산광역시북구", "울산광역시중구","인천광역시계양구","인천광역시남동구","인천광역시동구","인천광역시미추", "홀구","인천광역시부평구","인천광역시서구","인천광역시연수구","인천광역시중구","전라남도목", "포시","전라북도전주시","제주특별자치도","충청남도천안시","충청북도증평군"

부록 2. 시군구 변화 연혁

우리나라는 시군구 통폐합, 분리의 연혁이 잦았다. 이로 인해 수집한 데이터별로 시군구의 개수가 다른 경우가 있었다. 따라서 그러한 데이터들은 직접 분리하거나 통합하는 작업을 수행했다. 분석 대상 시점인 2010년부터 2020년까지의 시군구 통폐합 연혁은 <부록 표 3>에 기재하였다.

<부록 표 3> 시군구 통폐합 연혁

	전		후	
연도	시도	시군구	시도	시군구
2010	경상남도	창원시	경상남도	통합창원시
2010		마산시		
2010		진해시		
2012	충청북도	청원군	세종특별자치시	
2012	충청남도	공주시		
2012	충청남도	연기군		
2013	경기도	여주군	경기도	여주시
2018	인천광역시	남구	인천광역시	미추홀구

주민등록인구현황, 행정안전부

또한 시군구 중에서 독립 시군구가 아니라 시에 포함된 군, 구인 경우가 가장 높은 단위로 자체 통합해서 사용하였고 그 내역은 <부록 표 4>와 같다.

<부록 표 4> 시군구 통폐합 내역

시도	시군구(통합 전)	시군구(통합 후)
경기도	수원시 장안구	수원시
	수원시 권선구	
	수원시 팔달구	
	수원시 영통구	
	성남시 수정구	성남시
	성남시 중원구	
	성남시 분당구	
	안양시 만안구	안양시
	안양시 동안구	
	안산시 상록구	안산시
	안산시 단원구	
	고양시 덕양구	고양시
	고양시 일산동구	
	고양시 일산서구	
	용인시 처인구	용인시
	용인시 기흥구	
	용인시 수지구	
충청북도	청주시 상당구	청주시
	청주시 흥덕구	
충청남도	천안시 동남구	천안시
	천안시 서북구	
전라북도	전주시 완산구	전주시
	전주시 덕진구	
경상북도	포항시 남구	포항시
	포항시 북구	

주민등록인구현황, 행정안전부

ABSTRACT

Analysis of Causal Effects of Carsharing on vehicle ownership and vehicle kilometers travelled

Yejoong Kwon

Department of Climate, Environment and Energy Studies

The Graduate School

Sookmyung Women's University

The mobility industry is currently experiencing a profound transformation driven by the concept of sharing. The introduction of garage-based car sharing services in Korea, initiated in 2011 by Green Car and Socar, has the potential to significantly decrease the number of privately-owned cars registered. This transition towards car sharing is expected to effectively alleviate the environmental impact of increased greenhouse gas emissions resulting from excessive car ownership.

Against this background, this thesis investigates the impact of the introduction of car-sharing services on the number of registered passenger cars and mileage in cities, counties, and districts nationwide. The analysis employs the Difference-in-Difference (DiD)

method, supplemented by Inverse Probability of Treatment Weighting (IPTW), to assess whether significant changes occurred in vehicle registrations and vehicle kilometers travelled following the introduction of car-sharing services. To this end, panel data spanning 11 years (2010–2020) were established using the number of passenger cars registered and the mileage of passenger cars as dependent variables and the variable representing car-sharing entry in 227 cities and counties nationwide as major independent variables.

Additionally, given that the effect of joining the car-sharing service can vary based on the level of urbanization in different cities and counties, as well as the availability of car-sharing garages, an analysis was conducted by comparing the availability of car-sharing garages in each city and county.

The study revealed a statistically significant decrease in the number of private car registrations in urban areas following the initiation of car sharing service. However, no statistically significant effect on the number of private car registrations was observed in areas with limited access to car-sharing garages.

This empirical study provides the evidence that the introduction of car-sharing in urban settings brings benefits not only to car-sharing users but also to non-users, particularly in urban settings. Additionally, the study identified the potential for a decrease in the number of privately-owned cars as the expansion and increased accessibility of car-sharing services through the establishment of garages in numerous locations.

Key Words: Car-Sharing, Vehicle Ownership, Vehicle Kilometer Travelled(VKT), Propensity score matching, DiD