

LRT 선호의식에 따른 교통수단선택 행동모형과 정책평가

Modal Choice Behavior Model and Policy Assessment with Stated Preference of Light Rail Transit

유 창 남 이 병 주 이 수 범 남 궁 문

(도로교통안전관리공단, 안전조사지원과) (원광대학교, 토목환경공학과, 박사과정)
(교통개발연구원, 도로교통연구실, 책임연구원) (원광대학교, 토목환경공학과, 부교수)

목 차

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> I. 서 론 II. 선호의식조사 <ul style="list-style-type: none"> 1. 조사대상지의 교통특성 2. 조사표 작성 3. 수준설정 | <ul style="list-style-type: none"> III. 단순통계분석 IV. 교통수단선택행동모형 V. 정책평가 VI. 결 론 VII. 참고문헌 |
|--|--|

I. 서 론

도시의 급속한 발전과 더불어 날로 증가되는 자동차 교통으로 인해 도심의 교통문제는 날로 그 정도가 심각해져 가고 있다. 이러한 도심의 교통문제를 해결하기 위해서는 자동차 교통수요를 억제시키고 대중교통수단의 이용을 활성화시키는 교통정책이 요구된다. 따라서 교통정책의 방향과 목표를 설정하고 이를 수행하기 이전에 교통정책에 대한 시민들의 의식조사를 실시하고 교통정책을 평가하는 것이 우선되어야 한다. 전주시에서도 도심의 교통문제를 해결하려는 노력의 일환으로 환경친화적인 교통환경조성, 보행교통과 함께 중시되는 자전거교통의 활성화, 대중교통수단의 활성화 등과 같은 다양한 접근을 시도하고 있다. 특히, 대중교통수단의 활성화와 더불어 친환경적이고 단중거리 교통수단인 경전철(Light Rail Transit, 이하 LRT) 도입을 검토하고 있다.

이에 본 연구에서는 SP(Stated Preference) 조사법을 이용하여 전주시에서 계획하고 있는 경전철 도입에 따른 전주시 거주자의 선호의식 조사를 실시하고 이를 바탕으로 교통수단선택 모형을 구축한다. 그리고 구축된 모형을 기초로 교통수요의 변화를 파악하고 경전철 도입에 따른 단기 교통정책 평가를 수행하려고 한다.

II. 선호의식조사

1. 조사대상지의 교통특성

1991년 기준 전주시의 자동차 보유대수는 48,996대이며, 이중 승용차가 31,096대, 버스 4,480대, 트럭 12,986대, 기타 74대로 승용차가 차지하는 비중이 높게 나타나고 있다. 그러나 자동차보유대수의 급격한 증가추세에도 불구하고 도로는 1991년 343km에서 1997년 379km로 년평균 1.7%의 증가추세를 보이고 있어 자동차의 증가추세에 크게 미치지 못하고 있는 수준이다.

<표 1> 전주시 교통현황

| 구 분 | 단 위 | 1991 | 1993 | 1996 | 2001 | 년평균 증가율 |
|---------|-----|-------|-------|-------|-------|------------|
| 인 구 | 천 인 | 542 | 550 | 571 | 760 | 3.44 |
| 도 로 | km | 343 | 363 | 357 | 482 | 3.46 |
| 자동차 대수 | 천 대 | 49 | 77 | 114 | 199 | 15.04 |
| 수 단 통 행 | 천통행 | 1,070 | 1,178 | 1,224 | 1,728 | 4.91 |
| 목 적 통 행 | 천통행 | 925 | 1,007 | 1,026 | 1,418 | 4.36 |
| 개인교통수요 | 천통행 | 289 | 321 | 350 | 524 | 6.13 |

따라서 2001년에는 도로가 482km로 1991~2001년간 년평균 3.46%, 자동차가 2001년에 약 20만대로 년평균 15.04% 증가할 것으로 예상되

어 수요와 공급간의 격차는 현재보다 더욱 심화될 것으로 예상된다. 또한 도시내 통행수요는 현재 1,224천통행/일에서 1.41대 증가한 1,728천통행/일로써 지속적으로 증가할 것이며, 개인교통수요(승용차 및 택시) 역시 현재의 350천통행/일에서 524천통행/일로 급증하여 수급 불균형 현상이 예상된다.

2. 조사표 작성

본 연구에서 조사대상자에게 제시하는 앙케이트 조사표는 가상적인 대체안의 속성간 직교성이 보장되고, RP(Revealed Preference) 데이터에서 문제시 되는 다중공선성을 피할 수 있도록 실험계획법을 실시하였다. 또한 인자간의 교호작용이 존재하지 않는다는 전제하에 2인자 교호작용 및 고차의 교호작용에 관한 정보를 희생시켜서 실험횟수를 적게 하는 직교배열표를 이용하는 일부요인배치계획에 의해 설문지를 작성하였다. 그리고 $L_{27}(3^{13})$ 의 직교배열표를 사용하여 3수준 11속성의 조합을 27종류의 교통조건으로 압축하고 일인의 회답자에게 6개의 교통조건을 무작위로 추출하여 반복 질문하였다.

3. 수준설정

본 연구에서는 전주시에 LRT가 도입되었을 때를 가정하여 SP 조사 이전에 문헌조사 및 실제 주행실험을 통해 조사된 결과를 바탕으로 교통수단별 수준값을 <표 2>와 같이 설정하였다.

<표 2> 교통수단별 요인과 수준

| 수 단 | 교통서비스의 요인 | 단 위 | 수 준 | | |
|-----|-----------|-----|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| 버 스 | 도보시간(접근) | 분 | 6 | 8 | 10 |
| | 대기시간 | 분 | 5 | 10 | 15 |
| | 승차시간 | 분 | 20 | 25 | 30 |
| 승용차 | 비용 | 원 | 500 | 550 | 600 |
| | 도보시간(접근) | 분 | 3 | 5 | 7 |
| | 승차시간 | 분 | 15 | 20 | 25 |
| LRT | 비용(주차+연료) | 원 | 1,000 | 1,500 | 2,000 |
| | 도보시간(접근) | 분 | 7 | 11 | 15 |
| | 대기시간 | 분 | 3 | 4 | 6 |
| | 승차시간 | 분 | 12 | 15 | 18 |
| | 비용 | 원 | 500 | 550 | 600 |

III. 단순통계분석

본 연구에서는 LRT 도입에 따른 선호의식조사를 행하여 수집한 SP 데이터가 명확한 논리모순인 경우에 분석대상으로부터 제외하였다. 또한 응답자의 연령, 최종학력, 직업, 세금공제전 가족 월평균소득 등과 같은 개인속성 자료의 누락 등이 발견되는 경우도 분석에서 제외하였다. 본 조사는 전주시 거주자를 대상으로 선호의식조사를 실시하였으며 조사배포수 1,000부중 유효 회답수는 695개로 유효 회답율은 69.5%이다.

개별행태모형을 구축하기 위해 평상시 응답자들의 교통수단 선택에 대한 개인의 속성별 유의성을 검정하기 위하여 평균치 검정(t 검정)을 실시하였다.

LRT가 도입되기 전 응답자들의 교통수단 선택행동에 영향을 미치는 요인으로 성별, 연령, 최종학력, 직업, 운전면허 유무, 승용차 소유여부, 버스 이용자의 자택 출발시간, 자동차 이용자의 자택 출발시각과 통근·통학지 도착시각이 차이가 있는 것으로 분석되었다.

<표 3> RP 교통수단선택에 대한 항목별 평균치 검정

| 항 목 | 구 분 | 표본수 | t 값 | DF | |
|---------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| 성 별 | 남 자 | 405 | -5.501** | 483 | |
| | 여 자 | 287 | | | |
| 연 령 | 35세 이상 | 350 | -3.047** | 678.4 | |
| | 35세 미만 | 345 | | | |
| 최 종 학 력 | 전문대졸 이상 | 443 | -2.029* | 693.0 | |
| | 전문대졸 미만 | 252 | | | |
| 직 업 | 전문직·사무직 | 347 | -4.562** | 630.7 | |
| | 그 외 | 348 | | | |
| 세금공제전 가족월평균소득 | 100만원 이상 | 363 | -1.837 | 639.0 | |
| | 100만원 미만 | 332 | | | |
| 운 전 면 허 | 유 | 548 | -8.753** | 693.0 | |
| | 무 | 147 | | | |
| 승 용 차 | 유 | 422 | -11.516* | 466.9 | |
| | 무 | 269 | | | |
| 하루일과 개시시각 | 09:00 이전 | 247 | 1.046 | 963.0 | |
| | 09:00 이후 | 448 | | | |
| 버 이 용 스 자 | 출발시각 | 08:15 이전 | 332 | -2.092* | 655.8 |
| | | 08:15 이후 | 362 | | |
| | 도착시각 | 08:50 이전 | 343 | -0.676 | 693.0 |
| | | 08:50 이후 | 352 | | |
| 자 이 동 용 차 자 | 출발시각 | 08:15 이전 | 388 | -2.148* | 515.4 |
| | | 08:15 이후 | 307 | | |
| | 도착시각 | 08:50 이전 | 434 | 2.209* | 420.4 |
| | | 08:50 이후 | 261 | | |

* : 위험율 5%에서 유의, ** : 위험율 1%에서 유의

<표 4> SP 교통수단선택에 대한 항목별 평균치 검정

| 항 목 | 구 분 | 표본수 | t 값 | D.F | | | |
|---------------|----------|----------|---------|---------|--------|---------|--------|
| 성 별 | 남 자 | 2430 | 3.570** | 3510.5 | | | |
| | 여 자 | 1722 | | | | | |
| 연 령 | 35세 이상 | 2100 | 3.337** | 4126.6 | | | |
| | 35세 미만 | 2070 | | | | | |
| 최 종 학 력 | 전문대졸 이상 | 2658 | 3.007** | 2876.1 | | | |
| | 전문대졸 미만 | 1512 | | | | | |
| 직 업 | 전문직·사무직 | 2082 | 4.580** | 4140.6 | | | |
| | 그 외 | 2088 | | | | | |
| 세금공제전 가족월평균소득 | 100만원 이상 | 2178 | 3.736** | 4051.9 | | | |
| | 100만원 미만 | 1992 | | | | | |
| 운 전 번 호 | 유 | 3288 | 1.744 | 1306.1 | | | |
| | 무 | 882 | | | | | |
| 승 용 차 | 유 | 2532 | 1.813 | 3208.0 | | | |
| | 무 | 1614 | | | | | |
| 하루일과 개시시각 | 09:00 이전 | 3666 | 1.973* | 4168.0 | | | |
| | 09:00 이후 | 504 | | | | | |
| 비 용 소 자 | 출발시각 | 08:15 이전 | 2328 | 2.648** | 4168.0 | | |
| | | 08:15 이후 | 1842 | | | | |
| | 도착시간 | 08:50 이전 | 2040 | | | 0.450 | 4168.0 |
| 08:50 이후 | | 2130 | | | | | |
| 자 이 동 용 차 자 | 출발시각 | 08:15 이전 | 2052 | 3.459** | 4142.1 | | |
| | | 08:15 이후 | 2118 | | | | |
| | 도착시각 | 08:50 이전 | 2346 | | | 4.467** | 3655.6 |
| | | 08:50 이후 | 1824 | | | | |

* : 위험율 5%에서 유의, ** : 위험율 1%에서 유의

또한 SP 상황하에서의 교통수단 선택에 대한 항목별 평균치 검정을 실시하였다. 평균치 검정 결과, 성별, 연령, 최종학력, 직업, 세금공제전 가족 월평균소득, 하루일과 개시시각, 버스 이용자의 자택 출발시각, 승용차 이용자의 자택 출발시각과 통근·통학지 도착시각이 차이가 있는 것으로 분석되었다.

IV. 교통수단선택행동모형

행동결과 데이터에 의한 교통수단선택 모델에 이용된 설명변수는 성별, 연령, 직업, 운전면허 유무, 자택 출발시간, 버스정류장 접근시간이며, 모델 구축결과는 <표 5>와 같다. Logit Model로 단기의 교통정책을 평가할 경우 그 효용을 도시권 수준으로 집계할 필요가 있다. 그 집계방법은 몇가지가 있지만, 본 연구에서 도시권 수준의 교통수단 j 의 분담율 P_j 를 식 (1)과 같은 가장 간단한 방법으로 구하였다.

$$P_j = \sum_i Q_{ij} \quad (1)$$

단, 개인 i 의 각 교통수단에 대한 선택확률중

에서 교통수단의 선택확률 P_{ij} 가 가장 크면 $Q_{ij}=1$, P_{ij} 가 가장 작으면 $Q_{ij}=0$ 으로 하여 각 개인의 선택확률을 집계하여 교통수단을 추정된 결과, 승용차는 98.6%, 버스는 29.5%의 적중율을 보이고 있고 특히, 승용차가 173명으로 분담율은 92.0%로 나타났으며 이는 실제값에 비해 15.4% 정도가 과대하게 추계되었음을 보여준다.

<표 5> RP 데이터에 의한 교통수단선택모델

| 설 명 변 수 | 계 수 | t 값 |
|-----------------------------------|--------|--------|
| 성 별 (남=1, 여=0) | -1.418 | -2.833 |
| 연 령 | 0.040 | 2.506 |
| 직 업 (whitecollar=1, bluecollar=0) | -1.123 | -2.556 |
| 운전면허 (유=1, 무=0) | 1.579 | 2.961 |
| 자택출발시간 (8시 15분이전=1, 이후=0) | 0.645 | 1.138 |
| 버스정류장 접근시간 (분) | -0.028 | -1.071 |
| 적 중 율 | 82.5 | |
| 우 도 비 (ρ^2) | 0.230 | |
| χ^2 | 47.0 | |

선택의식 데이터에 의한 교통수단선택 모델에 이용된 설명변수는 성별, 연령, 학력, 직업, 소득, RP 선택결과, 비용, 접근시간, 대기시간이며, 모델 구축결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> SP 데이터에 의한 교통수단선택모델

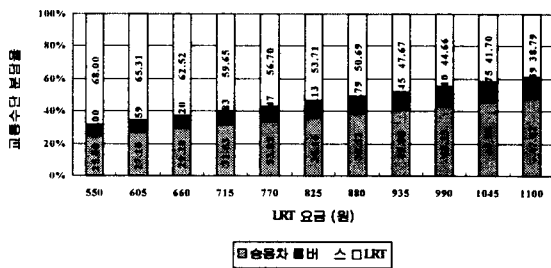
| 설 명 변 수 | 계 수 | t 값 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| 성 별 (남=1, 여=0) | -0.210 | -2.001 |
| 연 령 | 0.023 | 6.663 |
| 학 력 (전문대졸이상=1, 미만=0) | -0.293 -0.431 | -3.037 -3.575 |
| 직 업 (whitecollar=1, bluecollar=0) | 0.197 -0.262 | 2.080 -2.177 |
| 소 득 (100만원이상=1, 미만=0) | 0.419 0.603 | 3.931 4.705 |
| RP 선택결과 (승용차=1, 그 외=0) | 0.440 | 4.300 |
| 비 용 (원) | -0.002 | -22.266 |
| 접근시간 (분) | -0.284 | -11.427 |
| 대기시간 (분) | -0.143 | -10.901 |
| 적 중 율 | 64.1 | |
| 우 도 비 (ρ^2) | 0.165 | |
| χ^2 | 1087 | |

그 결과, 교통수단선택에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로는 서비스 변수(비용, 접근시간,

대기시간)으로 나타나고 있다. 그리고 개인속성 변수로서 성별은 버스 선택에, 연령은 LRT에 영향을 미치고 있으며, 그 외 학력, 직업, 소득의 경우는 모든 교통수단 선택에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 모델에 의한 교통수단 추정결과, LRT는 84.3%, 버스는 24.6%, 승용차는 48.5%의 적중율을 보이고 있고 특히, LRT는 실제값에 비해 13%가 과대하게 추계되었으며, 버스는 10.1%가 과소하게 추계되었음을 보여주고 있다.

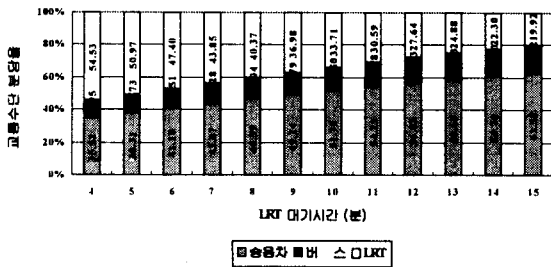
V. 정책평가

구축된 SP 모형을 바탕으로 LRT 도입에 따른 단거리교통정책을 평가하기 위하여 가상적인 상황에서 설정한 LRT 요금을 기준으로 요금을 10%씩 증가시켜, LRT, 시내버스, 자동차의 분담율을 추정한 결과는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> LRT 요금 변화에 따른 교통수단 분담율

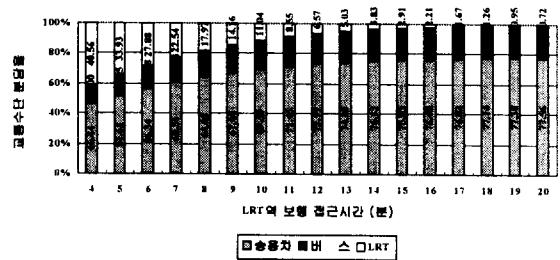
LRT의 요금이 100% 증가하였을 때 각 교통수단의 분담율은 LRT가 38.79%, 버스가 13.39%, 승용차가 47.82%로 기본 요금 550원인 경우에 비해 LRT의 분담율이 약 30% 정도가 감소하는 것으로 나타났다.



<그림 2> LRT 대기시간의 변화에 따른 교통수단 분담율

그리고 LRT 대기시간을 1분씩 증가시켰을 경우 교통수단 분담율은 <그림 2>와 같으며, LRT의 대기시간을 현재의 4분에서 11분 정도 증가시켰을 때 각 교통수단의 분담율은 LRT가 19.92%, 버스가 17.52%, 승용차가 62.56%로 나타났다.

또한 LRT역 보행 접근시간을 최저 기준시간으로부터 1분씩 증가시켰을 경우 교통수단 분담율은 <그림 3>과 같으며, LRT역 보행 접근시간을 4분에서 16분 정도 증가시켰을 때 각 교통수단의 분담율이 LRT가 0.72%, 버스가 24.72%, 승용차가 77.56%로 나타났다.



<그림 3> LRT역 보행 접근시간의 변화에 따른 교통수단 분담율

VI. 결 론

본 연구에서는 전주시 LRT 도입에 따른 전주시 거주자의 선호의식조사를 실시하고 이를 분석하여 모델을 구축한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

SP 상황에서 자동차, 버스, LRT의 선택을 분석한 결과, 평상시 대중교통수단을 이용하는 응답자와 개인교통수단인 승용차를 이용하는 응답자들이 신대중교통수단인 LRT로 전환하는 비율이 거의 비슷하게 나타났다.

그리고 LRT가 도입되기 전에 응답자들의 교통수단 선택행동에 영향을 미치는 요인으로 성별, 연령, 최종학력, 직업, 운전면허 유무, 승용차 소유여부, 버스 이용자의 자택 출발시간, 자동차 이용자의 자택 출발시각과 통근·통학지 도착시각이 영향을 미치고 있었으며, SP 상황에서 교통수단 선택에 영향을 미치는 요인은 성별, 연령, 최종학력, 직업, 세금공제전 가족 월평균소득, 하루일과 개시시각, 버스 이용자의 자택 출발시각, 승용차 이용자의 자택 출발시각과 통근·통학지 도착시각이 영향을 미치는 것

으로 나타났다.

교통수단선택모델에서 행동결과 데이터에 의한 모델 구축결과, 여자, 연령이 높은 사람, 직업이 bluecollar인 사람들이 대중교통인 시내버스를 선호하는 것으로 분석되었다. 그리고 선호의식 데이터에 의한 모델 구축결과, 교통수단선택에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로는 서비스 변수(비용, 접근시간, 대기시간)으로 나타났다으며, 개인속성변수로서 성별은 버스 선택에, 연령은 LRT에 영향을 미치고 있으며, 그 외 학력, 직업, 소득의 경우는 모든 교통수단 선택에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

또한 구축된 SP 모형을 바탕으로 LRT의 요금 및 대기시간 변화에 따른 수요의 변화를 계산하여 LRT 도입에 따른 단기교통정책을 평가한 결과, LRT의 기준 요금을 100% 증가시켰을 때 LRT의 분담율이 약 30% 정도가 감소하는 것으로 나타났고, LRT 기준 대기시간을 1분씩 증가시켜 현재의 4분에서 15분이 되었을 때 LRT의 분담율은 약 35%가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 LRT역 보행 접근시간을 최저 기준시간으로부터 1분씩 증가시켜 16분을 증가시켰을 때 LRT의 분담율은 약 40%가 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 바탕으로 볼 때 LRT의 도입에 따른 교통수단 분담은 LRT의 요금과 이용자의 LRT 대기시간에 큰 영향을 받음을 알 수 있으며, 여기서 LRT 요금은 LRT 도입에 따른 투자비용에 따라 결정되고, 대기시간은 LRT의 배차간격과 직결되므로 경량전철 차량의 수량과도 관계가 높다고 할 수 있을 것이다. 이상의 결과를 볼 때 계획구간의 건설비용, 차량구입비용, 운용·관리비용 및 기타 비용을 고려한 경제성 분석이 선행되어야 하며, 그 분석 결과를 토대로 LRT 요금과 대기시간이 결정되면 대중교통수단으로서의 LRT 분담율을 정확히 알 수 있을 것이다. 또한 LRT 분담율이 결정되면 목표년도의 전주시 교통지체의 개선효과 및 교통특성도 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅶ. 참고문헌

1. Ben-Akiva, M. and Morikawa, T., "Estimation of Switching Models from Revealed Preference and Stated Intentions", *Transportation Research*, Vol. 24, No. 6, pp. 485~495, 1990.
2. Ben-Akiva, M. and Morikawa, T., "Estimation of Travel Demand Models from Multiple Data Sources", In *Transportation and Traffic Theory*, M. Koshi, ed, Elsevier, New York, pp. 461~476, 1990.
3. Fowkes, T. and Preston, P., "Novel Approaches to Forecasting the Demand for New Local Rail Services", *Transportation Research*, Vol. 25A, No. 4, pp. 209~218, 1991.
4. 朴聖炫, 現代實驗計算法, 民英社, 1993.