

자가용 차종선택 및 이용에 대한 결합모형 추정 및 유가정책의 영향 평가

Estimation of a joint Model on Households' Car Ownership and Vehicle
Type Choices and the Vehicle use and Policy Implications of fuel prices

박상준

서울대학교 환경대학원 박사과정
luciano1@snu.ac.kr

김성수

서울대학교 환경대학원 교수
kimsung@snu.ac.kr

목 차

- | | |
|-----------------|----------------------|
| I. 서론 | IV. 자료 및 추정 |
| 1. 연구의 배경 및 필요성 | 1. 자료 구축 |
| 2. 연구의 목적 | 2. 추정 결과 |
| II. 선행연구의 고찰 | V. 유가정책 영향 평가 |
| III. 모형의 설정 | 1. 2003년 4/4분기 기준 가격 |
| 1. 다항로짓모형 | 2. 2006년 4/4분기 기준 가격 |
| 2. 주행거리모형 | VI. 결론 및 향후 과제 |
| 3. 모형의 설정 | 1. 결론 |
| | 2. 향후 과제 |

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

1980년대 이후 우리나라는 소득증가로 인한 결과로 자가용 차량의 등록대수가 급격히 증가하였으며 지금까지도 가계의 평균보유대수 역시 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 한편 최근에는 생산되는 자동차 차종 또한 다양해져 가계의 차종선택에 대한 범위도 넓어졌으며 주5일제 근무의 확산으로 인하여 레저 활동을 위한 RV차량의 증가 역시 괄목할 만하다. 그리하여 자동차 제조사의 다양한 차종 판매와 병행하여 가계의 용도별 차종선택에 대한 미시적 접근이 필요하게 되었다.

한편 우리나라의 경우 에너지 소비가 급증하기 시작한 1980년 후반 이후 정부는 에너지이용을 합

리화하기 위한 다양한 정책들을 시행해왔으나 관련 정책의 수행에 앞서 그 효과에 대한 분석이 선행된 적은 별로 없었고, 최근에는 정책적 효율성 제고를 위해서는 개별가구 측면에서 분석이 필요하다는 주장이 제기되고 있다.

승용차의 에너지 수요는 다양한 요인들의 영향을 받게 된다. 왜냐하면 한 가계가 승용차를 보유하고 이용하는 행위는 동시적 또는 연속적인 다양한 의사결정 과정을 통해 이루어지기 때문이다. 가계는 승용차 보유와 관련하여 첫 번째로 소유할 승용차의 대수를 결정하며, 두 번째로 승용차의 종류(일반형 또는 SUV)를 결정한다. 세 번째로는 승용차의 사용연료(휘발유, 경유, LPG)를 선택해야 하며, 네 번째로는 승용차의 등급(배기량)을 결정한다. 이러한 승용차 보유와 관련된 의사결정이 완료되었을 때 소비자는 승용차의 이용빈도 및 이

용시간 등의 이용강도와 관련된 의사결정을 하게 된다. 승용차 부문의 에너지 수요는 이와 같이 몇 가지의 상호 의존적인 의사결정을 통해서 이루어지기 때문에 동 부문의 에너지 수요에 영향을 주는 정책수단의 효과를 정확히 측정하기 위해서는 소비자의 승용차 보유 및 이용행태를 분석, 예측할 수 있는 모형이 필요하다.

이를 위해 본 연구는 2003년 에너지간이조사 자료를 이용하여 자가용 보유 가구에 대한 승용차 보유대수 및 차종선택모형과 주행거리모형을 추정하고자 한다. 2003년 에너지간이조사는 1,000여 가구 중 차량을 보유한 716가구에 대해 가구특성 및 차량특성자료인 보유행태 및 이용행태를 조사하였는데, 본 연구에서는 이를 이용하여 다항로짓모형 추정을 시도하였다. 그리고 차종선택모형과 주행거리모형을 결합하여 차량의 선택 및 이용에 대한 결합모형을 완성하여 유가변화에 따른 정책 효과를 평가하고자 한다.

이를 위한 방법론으로는 Train(1986)이 시도한 방법론에 기초하여 이산/연속 계량모형을 개발하여 추정하고, 추정된 모형을 바탕으로 유가변화에 대한 가계부문의 차량선택과 주행거리에 대한 반응을 시나리오 분석하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 승용차 보유 및 이용행태 분석을 위한 연구로서, 승용차의 보유대수 및 차종 선택에 대한 다항로짓모형과 승용차 이용에 대한 주행거리모형을 추정하여 유가정책에 따른 차종선택을 고찰하는 것에 주된 목적이 있다.

즉, 가계가 보유할 승용차에 대한 보유대수 선택과 함께 휘발유·경유·LPG를 사용하는 승용차 선택에 대한 모형을 추정하고, 승용차 이용에 관한 주행거리모형을 추정하여 결합모형을 구축하고자 한다. 독립변수로는 소득, 나이 등 가계의 특성 변수들 뿐만 아니라, 차량의 가격, 운행비용, 자동차세액 등 선택할 대안(alternatives)의 속성변수들도 포함된다.

이와 같이 정책수단에 대해 가계부문이 어떻게 반응하는지를 분석하기 위해 본 연구는 개별 가구의 유종을 고려한 차량보유대수, 차종선택에 관한 의사결정을 다항로짓모형을 이용하여 수립·추정하고 이와 동시에 주행거리 수요모형을 추정하여 차종선택과 이용에 대한 결합모형을 이용하여 유가 변동에 따른 정책효과를 평가하는 것을 목적으로 한다.

II. 선행연구 고찰¹⁾

가구 혹은 개인 단위의 개별적 이산선택(discrete choice)에 대한 연구가 본격적으로 발전되기 시작한 시기는 1980년대부터다.

본 연구의 기본적 틀은 개별 가구의 내구재와 에너지 사용에 대한 결합수요를 추정한 Dubin and McFadden(1984)의 네스티드로짓모형을 활용한 차량선택모형에서 찾을 수 있다. 또한 승용차 보유대수 및 차종선택모형에 관해서는 미국 자동차 시장에 대해 가구의 자동차 보유대수 및 차종선택에 관한 비집계모형을 추정한 Berkovec(1983) 연구를 참고하고 있다.

Berkovec(1983)은 그의 박사학위논문에서 차량 보유대수 및 차종선택에 관한 비집계모형과 중고 자동차 폐기 및 신차공급에 관한 계량경제학적 모형을 결합하여 미국 자동차 시장에 대해 유류가격 상승에 대한 차종선택 변화를 시뮬레이션을 통해 보여주고 있다.

Dubin and McFadden(1984)은 개별 가구의 내구재와 에너지 사용에 대한 결합수요를 추정하기 위한 모형을 도출하는 시도를 하였는데, 그 연구 방법론은 이러한 결합수요에 대한 기본적 연구방법론으로 널리 활용되어 왔다.

이를 본 연구 및 후속연구에 적용하면, 내구재는 자동차를 에너지 사용은 연료사용 결과로 나타나는 주행거리고 표현되는 방식이 된다. 이후 Dubin and McFadden(1984)의 틀을 이용하여 차량 및 주행거리에 대한 결합수요를 추정하기 위한 5개의 연구²⁾가 시도되었는데³⁾, 이들 5개 연구는

1) 본 절은 박상준·김성수(2007)의 선행연구 고찰을 기본으로 일부 내용을 수정하였다.

2) 이들 5가지 연구는 다음과 같다.

- Train(1986), Mannering and Winston(1985): 연식 사용(차량크기는 측정 안함)

- Berkowitz et al.(1990): 연식과 형식(세단 or 트럭) 사용, 연료효율(연비)를 추정하였지만, 추정에서 형식을 포함시켰는지 여부는 밝히지 않았음

- Hensher et al.(1992): 형식을 사용하였지만 집합(bundles)을 구분하기 위해 연식을 사용하지는 않았음

- Goldberg(1998): 차량형식의 급에서 신차와 중고차 간의 선택을 모형에 포함

3) 이 중 2개는 1970년대 자료를 이용하였음. Mannering and Winston(1985)은 차량보유 및 사용에 관한 동태모형을 개발하였는데, 차량사용은 가구의 모든 차량의 주행거리 합을 이용하였음. Train(1986)은 동태적이지 않지만 가구의 개별 차량이 운행한 주행거리를 활용하였음. Goldberg(1998)는 1980년대 자동차 구입자료를 활용하

소득에 대한 통상적인 지표를 활용하였을 뿐, 배출가스 감소정책을 분석하는데 중요한 신행 및 배기량 등에 관한 수요특성에 대한 가구특징효과를 결정하는 것에 대한 고찰은 하지 않았으며, 그러한 정책의 배분효과에 대해서도 고려하지 않았다.

Feng et al.(2004)은 자동차 보유대수 및 차종선택과 주행거리에 대한 가구행태에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구에서 연속변수로 주행거리에 자동차 차령(vehicle age)을 추가하여 분석하였는데, 차령은 차량의 배출가스 배출율(vehicle's emission rate) 결정에 영향을 미치기 때문에 중요한 요소로 다루어지고 있다.

Seigny(1998)은 자동차 보유가구만을 대상으로 연간소득을 이용한 자동차 배출가스세(Vehicle Emissions Taxes)에 대한 배분효과를 고려하였으며, 그 결과 주행세(miles tax)는 상당히 역진적이라고 주장하고 있다. Porterba(1991)는 소비지출로 소득을 측정하였으며 자동차를 보유하지 않은 가구를 포함하였다. 그는 저소득 가구가 중소득 가구보다 휘발유 소비를 덜하는 것으로 나타났다. 그리하여 휘발유세(gas tax)는 다른 연구들이 제시하는 것보다는 덜 역진적이라고 제시하고 있다. Walls and Hanson(1999)는 자동차 오염물 조절정책의 배분효과를 고려하기 위해 연간소득과 생애소득을 활용하였다. 연간소득을 활용한 결과는 모든 소득계층에 걸쳐 모든 정책이 역진적으로 나타났다지만, 반면 생애소득을 활용한 결과는 Poterba(1991)의 연구결과와 유사하게 나타났다. 위 연구들은 가구의 행태는 고정되어 있거나 모든 가구들은 동일한 정도의 가격반응성을 나타낸다는 가정 하에서 휘발유 또는 주행거리에 대한 세금의 배분효과를 증거로 제공하고 있다. 그러나 작은 예산을 갖고 있고 또는 대중교통수단을 보다 기꺼이 이용하려고 하는 저소득 가구는 고소득 가구보다 가격에 더 쉽게 반응한다. 다른 한편으로 만약 저소득 가구가 적은 이용수단을 가진 경우, 그들은 보다 덜 가격반응적일 것이다.

권오상(1999)은 혼합로짓모형을 이용한 차종선택모형과 회귀함수 형태의 승용차 이용모형을 추정하였다. 연구의 주요 결론은 가계의 차량 등급

선택은 운영비용 및 자동차세 등과 같은 차량의 특성 변화에 매우 민감한 것으로 나타났다.

최도영·이양섭(2005)은 2002년도 실시한 에너지소비조사 자료를 기초로 서수형 프로빗 모형과 서수형 로짓모형을 사용하여 모형 추정을 시도하였다. 모형의 추정결과를 이용하여 주요 설명변수들의 한계효과를 살펴보면, 경차 선택의 경우 주행거리가 늘어날수록, 소득이 증가할수록, 연령이 증가할수록 선택확률이 감소하는 것으로 나타났으며 중대형차일 경우 정반대로 나타났다.

승용차 보유대수 및 차종선택 추정에 관한 주요한 선행연구를 정리한 내용은 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 승용차 보유대수 및 차종선택에 관한 국내외 선행연구

저자	연도	선택변수	주요 변수
Berkovec	1984	차종 연식 보유대수	운영비용 자본비용 공간 차령 등
West	2004	연식 배기량 보유대수	운영비용 자본비용 지역 가족수 등
Feng et al	2004	연식 배기량 차령 보유대수	가구소비 운영비용 자본비용 지역 등
권오상	1999	차급 등록형태 승용차 보유 여부	소득 경력 탑승인원 성별
윤대식·김미화	1997	차급 승용차 보유 여부	소득 연령 성별
최도영·이양섭	2005	차급 등록형태 승용차 보유 여부	소득 보유대수 연령 성별

III. 모형의 설정

본 연구에서 모형에 대해 기간을 적용한다면 승용차 보유대수 및 차종선택모형은 중장기와 관련된 모형이라고 할 수 있으며, 대신 주행거리모형은 단기와 관련된 모형이라고 할 수 있다⁴⁾. 즉, 가계는 운영비용 혹은 자본비용의 변동에 대해 단기적으로는 주행거리를 변동시키지만, 중장기적으로는 승용차 보유대수 혹은 보유차량을 변화시켜 가계의 균형을 찾는다는 합리적 가정 하에 모형을 구축하게 된다.

4) 구간의 구분에서 단기는 보통 1년 이내를, 중기는 2~7년을, 장기는 8~12년으로 구분한다.

여 미국의 CAFE기준에 대한 효과를 추정하였음. Berkowitz et al.(1990)과 Hensher et al.(1992)는 미국이 아닌 외국 자료를 활용하였는데, Berkowitz et al.(1990)는 이전 연구에 수단선택을 포함하기 위해 캐나다 자료를 활용하였으며, Hensher et al.(1992)는 차량선택 및 사용에 관한 동태모형을 추정하기 위해 1981~1985년 호주 패널자료를 활용하였음

1. 다항로짓(Multinomial Logit)모형

본 연구에서는 가계의 승용차 보유대수와 차종 선택 행태를 분석하기 위하여 다항로짓모형을 이용하였다. 다항로짓모형은 일반적으로 선택대안이 세 개 이상인 대안(alternatives) 가운데 한 가지 대안을 선택하는 행태를 갖는 모형의 분석에 적용된다.

로짓모형은 확률효용이론에 기초한 선택모형으로 확률효용의 분포형을 Weibull 분포로 가정한 것이다. Weibull 분포는 확률효용에 대해 가장 설득력 있는 정규분포와 매우 유사한 모양의 확률밀도함수를 가지고 있으면서 계산이 편리하다. 따라서 Weibull 분포의 성질을 이용하면 로짓모형을 비교적 용이하게 도출할 수 있다.

특정 대안의 총효용은 관측가능한 결정적 효용(deterministic utility or systematic utility)과 관측 불가능한 확률적 효용(random utility or stochastic utility)의 두 가지 요소로 구분된다.

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \quad (1)$$

V_{in} : 결정적 효용

ϵ_{in} : 확률적 효용

로짓모형의 구조는 결정적 효용의 함수형태와 설명변수, 확률적 효용의 분포가정에 의해 결정된다.

결정적 효용함수의 설명변수는 대안특성변수와 개인특성변수가 있다. 함수형태는 일반적으로 선형함수로 가정하며, 개인 n 의 대안 i 의 결정적 효용 V_{in} 은 식 (2)와 같다.

$$U_{in} = V(Z_{in}, S_n) = \sum_j^m \beta_j \cdot Z_j \quad (2)$$

Z_{in} : 개인 n 에 의해 평가된 대안 i 의 특성 변수

S_n : 개인 n 의 사회경제적 특성변수

확률적 효용은 그 분포가정에 따라 프로빗모형과 로짓모형 두 가지로 구분된다. 프로빗모형(probit model)은 확률적 효용의 확률분포가 정규분포일 경우로 정의하고, 로짓모형(logit model)은 확률분포가 와이불(Weibull)분포를 따르고 독립적이고 동일하게 분포되어(independently and identically distributed) 있다고 가정하는 경우로

정의한다. 프로빗모형은 이론적 타당성을 인정받지만 복잡한 구조로 인하여 모형의 추정과 적용이 어려워 일반적으로 프로빗모형보다 로짓모형을 널리 사용한다.

로짓모형에서 개인 n 이 J 개의 선택대안 중 대안 i 를 선택할 확률, $P_n(i)$ 는 식 (3)과 같이 계산한다.

$$P_n(i) = \text{Prob}(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n) \quad (3)$$

$$= \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}}$$

로짓모형의 추정을 위해서는 최우추정법(maximum likelihood estimation)이 주로 이용된다. 최우추정법으로 추정된 최우추정량(maximum likelihood estimator)은 모수에 대한 모든 추정치들 중 관측된 표본을 얻을 확률을 가장 높게 만드는 계수값을 의미한다.

즉, 최우추정법은 우도함수를 최대로 하는 추정량을 찾아내는 것으로 우도함수를 식 (4)와 같이 정의할 때, 식 (5)를 만족하는 β 값을 찾아내는 것이다.

$$L(\beta) = \prod_{i,n} (P_{in})^{g_{in}} \quad (4)$$

g_{in} : 개인 n 이 대안 i 를 선택할 경우 1, 아니면 0

$$\max \ln(\beta) = \sum_i \sum_n g_{in} \ln P_{in} \quad (5)$$

계수추정치를 찾아내기 위해서는 반복계산법을 이용하는데 가장 흔히 사용되는 방법이 뉴튼-랩슨(Newton-Raphson) 알고리즘이다.

2. 주행거리모형

단기모형인 주행거리모형은 승용차 이용의 빈도 및 강도는 연간 주행거리에 의해서 측정된다는 점에 기초하여 구축하게 된다. 승용차이용모형은 특정 기간 동안, 예를 들어 12개월, 가구에 의해 이용되는 모든 승용차량에 대해 정의된다. 승용차이용모형은 보통 회귀방정식으로 설정되며 그 형태는 다음과 같다.

$$VMT^i = \beta + \delta \bar{S} + \lambda \bar{Y} + \chi \bar{Z} + \gamma \bar{U} + \alpha \bar{R} + \eta \bar{SC} + \xi \quad (6)$$

\bar{S} : 승용차 보유에 관한 특성 벡터(예를 들어, 사업용 차량 등)

\bar{Y} : 승용차 고유특성에 관한 벡터(예를 들어, 차량 무게 등)

\bar{Z} : 가구의 사회경제적, 지리적, 재정적 특성 벡터

\bar{U} : 승용차 i 에 한정된 이용변수에 관한 벡터)

\bar{R} : 승용차 i 를 제외한 나머지 모든 차량에 대한 벡터

SC : 선택보정(selectivity correction)항으로서 잔차 에러 등을 포함

$\beta, \delta, \lambda, \chi, \gamma, \alpha, \eta$: 추정될 계수 벡터

3. 모형의 설정

가. 다항로짓모형

본 연구의 승용차 보유대수 및 차종선택 모형은 다음과 같이 설정하였다. 승용차 보유대수는 보유가구만을 대상으로 하였기 때문에 가구당 1, 2대로 나타난다. 3대 보유가구는 일부의 표본에 한하고 차종 역시 자가용 차량에 적합하지 않은 차량을 보유하고 있는 경우도 있어 본 연구에서는 제외하기로 하였다.

차종은 먼저 휘발유·경유·LPG 등과 같이 유종에 따라 나눈 후, 각 유종별로 차종을 분류하였다. 먼저, 1대 보유의 경우 휘발유 소형차와 중대형, 경유차, LPG차량 등과 같이 4가지 차종으로 구분되며, 2대 보유의 경우 휘발유+휘발유 차량, 휘발유 + 경유 차량, 비휘발유 차량조합 등과 같이 3종류로 구분하여 총 7종의 차량조합으로 구분된다.

차종선택은 자본비용, 운행비용, 소득, 운전자의 나이, 성별, 지역 등에 대한 함수로 나타난다. 이를 함수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$U(choice_i) = \alpha_0 + \beta_1(\text{자본비/소득}) + \beta_2(\text{단위운행비}) + D_1(20대소형차) + D_2(\text{여성소형차}) + D_3(50대중형차) + D_4(\text{비수도권경유차}) + \mu_i \quad (7)$$

단위운행비는 유류비용과 유지정비비가 포함된 연간 총운행비를 연간 주행거리로 나눈 km당 운

행비를 사용하였으며, 자본비/소득은 차량가격, 등록 제세공과금, 세금, 보험 등의 모든 비용을 소득으로 나눈 값을 사용하였다.

모형추정에서 나이에 대한 더미변수를 도입하여 20대이며 휘발유 소형차를 보유하는 경우 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 20대 소형 더미변수와 50대이며 휘발유 중형차를 보유하는 경우 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는 50대 중형 더미변수를 도입하였다. 성별에 대한 더미변수로는 여성소형차 더미변수를 도입하여 여성이 휘발유 소형차를 보유하는 경우 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖는다. 지역에 대한 더미변수를 도입하여 수도권과 비수도권을 구분하여 비수도권에 속하며 경유자동차를 보유하는 경우 1, 그렇지 않으면 0의 값을 갖도록 하였다.

한편 수단선택상수(alternative-specific constant)의 경우 차종에 따라 총 6개를 도입하였다.

자본비용을 소득으로 나누어준 이유는 차급 선택 및 운행에 대한 소득의 영향을 포함시키기 위해서 비용변수를 소득으로 나누어 주었다.

<표 2> 설정된 변수의 개요

변수명	내용
choice	- 차종
capcost	- 자본비용/소득
unit	- 단위운행비
inc	- 소득
age	- 운전자 연령(범주자료)
sex	- 성별

<표 3> 대표차종의 선정

연료	차급	모델
휘발유	소형(1500cc 미만)	아반테 XD
	중형(2000cc 미만)	EF 소나타
	대형(2000cc 이상)	그랜저 XG
경유	중형(2000cc 미만)	산타페
	대형(2000cc 이상)	카니발
LPG		레조

자본비용(capcost)은 차량을 보유하는 것 자체로 드는 비용으로서 차량가격, 자동차 보험료, 자동차세, 환경부담금(경유차의 경우) 등이 모두 포

합된 가격이다. 차량가격의 계산은 우선적으로 각 차급별 판매량이 가장 많은 차종의 모델을 선정한 후 2003년 11월 기준 신차가격을 기초로 산정하였다. 휘발유 중대형 차량 및 경유 차량은 가중평균한 가격을 사용하였다. 여기에 신차를 구입할 경우에 지불하게 되는 등록세, 채권, 할부수수료 등 차량구입과 관련된 제세공과금이 포함된 가격이며, 가구가 할부 구입시 할부수수료를 지불하는 상황을 모사하기 위하여 차량가격의 30% 선수금으로 납부하고 나머지 70% 금액을 3년 할부로 하는 시나리오로 자본화지수를 적용하여 연간비용으로 환산하였으며 차량의 내구성은 10년을 기준으로 하였다.

운행비용(opcost)은 자동차를 운행하는데 드는 비용으로 연료비와 유지정비비로 구성된다. 연료비는 주행거리를 연비로 나눈 후 표준유류가격을 곱하여 얻었으며, 유지정비비는 각 대표차량의 주요정기점검표를 바탕으로 14항목에 대한 연간비용으로 환산하여 계산하였다. 즉 차량정비비용을 계산하기 위해 차급별 표준차량을 설정한 후 통상적 유지정비를 주행거리를 기준으로 적용하여 연간비용으로 환산하였다.

소득(inc)은 7개 등급으로 범주형 자료였지만, 중위값(median)을 적용하여 월소득을 기초로 연간소득을 산출하였다. 나이(age)는 운전자의 연령을 나타내는 변수로서, 20대에서 시작하여 연령 범주별로 1부터 6까지의 값을 갖는다.

나. 주행거리모형

승용차 주행거리모형은 보통 회귀방정식으로 설정되며 본 연구에서는 로그함수의 형태로 설정되었다.

$$LN(VMT) = \alpha + LN(\text{자본비}) + LN(\text{단위운행비}) + \text{중소득더미} + \text{고소득더미} + \text{LPG더미} + \text{경유더미} \quad (8)$$

여기서 더미변수는 소득과 연료에 대해 설정되었다. 즉 소득계층을 3계층으로 구분하여 각 소득계층에 속하면 1, 그렇지 않을 경우는 0의 값을 갖는다. 연료는 LPG와 경유에 대해 설정하여 LPG더미의 경우 LPG 차량은 1, 그렇지 않을 경우는 0, 경유더미 경우 경유 차량은 1, 그렇지 않을 경우는 0의 값을 갖는다.

IV. 자료 및 추정 결과

1. 자료

추정에 사용될 자료는 2003년 산업자원부 주관으로 에너지경제연구원이 실시한 에너지 간이조사 자료 중 1,000 가구에 대한 가구특성자료 및 차량특성 자료를 이용하였다. 에너지간이조사는 3년마다 실시되는 에너지총조사에 대한 보완조사로서 표본수를 에너지총조사보다 작게 하여 약 1,000가구로 한정하는 대신 가구의 에너지에 대한 보다 심도 있는 조사를 목적으로 하고 있다.

이 중 일반승용차가 아닌 화물차 및 12인승 이상 승합차를 제외한 유효표본수는 966개로 이에 대한 자가용 보유대수를 살펴보면 다음 <표 3>과 같다. 무보유 가구는 250가구로 25.9%를 차지하고, 1대 보유가구는 665가구로 68.8%, 2대 보유가구는 51가구로 5.3%를 차지하고 있어 차량보유가구는 73.1%를 차지하고 있다.

<표 4> 자가용 보유 현황

자가용 보유대수		빈도(가구)	비율(%)
무보유	0	250	25.9
보유	1	665	68.8
	2	51	5.3
합계		966	100.0

자가용을 보유한 716가구의 첫 번째 차량(두대 보유가구 경우)에 대한 차종분포를 살펴보면 다음 <표 4>와 같다. 유종별로는 휘발유 차량이 전체 차량의 72.6%를 차지하고, 경유 차량은 20.5%를 차지하고 있으며, LPG 차량은 6.9%를 차지하고 있다.

<표 5> 차종별 분포 현황

유종	차급	빈도	비율(%)
휘발유	소형(1500cc 미만)	321	45.4
	중형(2000cc 미만)	173	24.5
	대형(2000cc 이상)	19	2.7
경유	중형(2000cc 미만)	26	3.7
	대형(2000cc 이상)	119	16.8
LPG		49	6.9
합계		966	100.0

이 밖에도 지역별 차종분포에 대한 특징을 보기 위해 첫 번째 차량에 대해 수도권과 비수도권으로 구분하여 보면 비수도권의 경유 차량 구성이 수도권에 비해 높게 나타나고 있으며, 소득별 차량보유 여부 및 보유대수를 보면 소득이 높아질수록 2대 보유가구의 점유율이 높아지는 것으로 나타났다.

2. 추정 결과

1) 자가용 보유대수 및 차종선택모형

다항로짓모형을 활용한 자가용 보유대수 및 차종선택모형을 추정하기 위해서 로짓모형 및 네스티로짓모형 추정에 주로 활용되는 NLOGIT v.3.0 프로그램을 사용하였다.

모형의 추정에는 FIML(Full Information Maximum Likelihood)과 LIML(Limited Information Maximum Likelihood Estimation)이 있는데 LIML의 경우 계산이 간단한 반면 추정량이 일치성(consistency)은 만족하나 효율성(efficiency)은 만족하지 않고 FIML은 일치성과 효율성을 둘 다 얻을 수 있지만 매우 복잡한 우도함수를 추정해야 하는 단점이 있다. 최근에는 계산능력의 발달로 복잡한 우도함수 추정도 가능하게 되어 일반적으로 완전정보 최우추정법(FIML)을 많이 이용한다.

<표 6> 보유대수 및 차종선택모형 추정 결과

변수	계수	표준편차	t값
자본비/소득	-3.7660	1.2028	-3.131
단위운행비	-0.0985	0.00545	-18.070
20대 소형	1.6941	1.1994	1.412
여성 소형	2.6605	0.5063	5.255
50대 중형	4.9021	1.2700	3.860
비수도권경유	3.9853	0.5284	7.541
ASC1	3.8629	0.3236	11.937
ASC2	8.0126	0.4434	18.072
ASC3	1.1893	0.2364	5.031
ASC4	6.3385	0.5806	10.918
ASC5	4.8139	0.5665	8.497
ASC6	4.0697	0.6553	6.210
ρ^2	0.5147		

대안집합의 수는 1대 차종 4가지, 2대 차종 조합 3가지로 총 7개로 구성되어 있다.

설명변수에 대한 추정 결과는 위의 <표 8>과 같이 얻어진다. 수단선택상수(alternative-specific

constant; ASC)는 LPG차량을 기준으로 하여 휘발유 소형(ASC1), 휘발유 중대형(ASC2), 경유 중대형(ASC3), 2대 조합의 휘발유+휘발유 조합(ASC4), 휘발유+경유 조합(ASC5), 비휘발유 조합(ASC6)을 차종순서대로 나타내고 있다. 최우추정 결과 '20대 휘발유 소형' 더미변수를 제외하고 다른 설명변수들은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

모형 전체의 적합도(the goodness of fit)를 나타내는 ρ^2 값은 0.5147로서 모형의 경험적 추정결과는 적합도 측면에서 양호한 것으로 볼 수 있다. 비용변수는 모두 부(-)의 값을 가져 비용이 증가할수록 효용은 감소함을 나타내고 있으며, 자본비용보다 운행비용의 효과가 상대적으로 더 크다는 것을 알 수 있다.

2) 주행거리모형

<표 7>은 종속변수를 연간 주행거리로 하여 회귀분석한 승용차 주행거리모형을 추정한 결과이다.

연간 승용차 주행거리는 km당 운영비용과는 역의 관계에 있지만, 차량가격 및 소득지표와는 비례한다. 이는 에너지총조사의 결과에서 나타난 바와 같이 우리나라 자가용승용차의 연평균 주행거리는 차급이 대형일수록 높다는 결과와도 일치하는 내용이다.

모형의 설명력을 나타내는 R^2 는 0.524이다. 단위운행비에 대한 주행거리의 가격 탄력성은 -1.686으로 절대값이 1보다 커서 탄력적임을 알 수 있다.

<표 7> 주행거리모형 추정 결과

변수	추정치	t값
상수	14.617	46.205
ln(자본비)	0.965	17.736
ln(단위운행비)	-1.586	-22.864
중소득더미	0.047	1.554
고소득더미	0.104	2.113
LPG더미	-0.542	-7.769
경유더미	-0.375	-8.062
R^2	0.524	

V. 유가정책 영향 평가

정부는 2000년 제1차 에너지세계 개편안을 통해 당시 100대 47대 26이었던 휘발유, 경유, 수송

용 LPG 가격비율을 오는 2006년 7월까지 단계적으로 100대 75대 60으로 조정키로 했었다. 그러나 정부의 1차 에너지가격 개편계획은 시행과정에서 환경오염 증가, 자동차 수요구조 변화와 경유승용차 국내시판 허용이라는 새로운 변수에 의해 1차 에너지가격개편 완료시점인 2006년 7월 이전에 재조정이 필요하였다.

그리하여 유종별 자동차 수요전망과 에너지 수급구조 측면에서 안정적이고 환경 오비용을 최소화시키는 수송용 에너지 상대가격비는 OECD 평균수준에 가까운 100(휘발유) : 85(경유) : 50(수송용 LPG)으로 나타난 분석결과를 바탕으로 2007년 7월까지 유종별 상대가격 조정에 나서고 있다.

본 연구에서는 유종별 상대가격비의 조정에 따라 2003년 4/4분기(11월) 유종별 가격을 기준으로 추정된 모형을 기본모형으로 하여, 각 시나리오별 보유대수 및 차종 선택 변화를 예측하여 보기로 한다. <표 9>는 실제 차종분포와 추정된 기본모형(the base model)에 대한 차종분포를 나타내고 있다. 참고로 본 연구에서 실제 차종선택과 추정된 모형의 차종선택과 얼마나 일치하는가를 나타내는 적중률은 82.5%를 나타내고 있다.

<표 8> 2003년 4/4분기 유류가격

유종	소비자 가격	상대가격 비율
휘발유(원/리터)	1290.42	100
경유(원/리터)	791.54	61.3
LPG(원/리터)	566.44	43.9

<표 9> 주행거리모형 추정 결과

차종		Base model	실제 차종분포
1	휘발유 소형	352	309
2	휘발유 중대형	184	174
3	경유	133	146
4	LPG	19	36
5	휘 + 휘	17	25
6	휘 + 경	8	19
7	비휘발유	3	7
합계		716	716

1) 2003년 4/4분기 기준 상대가격 조정

첫 번째 시나리오로서 2003년 4/4분기 유류가격을 기준으로 추정된 기본모형을 활용하여 정부의 목표치인 유종별 상대가격비 휘발유(100): 경유(85): LPG(50)로 맞추는 시나리오를 분석하기 위해

유종별 상대가격을 조정하면 다음 <표 10>과 같다.

<표 10> 2003년 4/4분기 기준 상대가격 조정

유종	상대가격 비율	소비자 가격	인상률(%)
휘발유(원/리터)	100	1290.42	-
경유(원/리터)	85	1096.86	38.6
LPG(원/리터)	50	645.21	13.9

2003년 4/4분기 휘발유 가격을 기준으로 상대가격을 조정하면 휘발유 가격은 변화가 없지만, 조정 전에 비해 경유가격은 38.6%, LPG가격은 13.9%가 상승하게 된다. 그 결과 차종분포는 <표 11>과 같이 초기모형(the base case)에 비해 경유 및 LPG를 사용하는 차량의 선택이 줄어들고 휘발유에 대한 선택이 증가하게 된다.

<표 11> 주행거리모형 추정 결과

차종		Base model	시나리오 1
1	휘발유 소형	352	403
2	휘발유 중대형	184	207
3	경유	133	66
4	LPG	19	13
5	휘 + 휘	17	18
6	휘 + 경	8	7
7	비휘발유	3	2
합계		716	716

2) 2006년 4/4분기 기준 상대가격 조정

두 번째 시나리오로서 2006년 4/4분기 유류가격을 기준으로 정부의 목표인 유종별 상대가격비 휘발유(100): 경유(85): LPG(50)로 맞추어 시나리오를 분석하기 위해 유류가격을 조정하면 <표 12>와 같다. 참고로 2006년 기준 유류가격은 GDP 디플레이터를 이용하여 실질가격으로 환산한 가격이다.

<표 12> 2006년 4/4분기 기준 상대가격 조정

유종	상대가격 비율	소비자 가격	인상률(%)
휘발유(원/리터)	100	1357.63	5.2
경유(원/리터)	85	1153.99	45.8
LPG(원/리터)	50	750.45	19.8

<표 13> 주행거리모형 추정 결과

차종		Base model	시나리오 2
1	휘발유 소형	352	463
2	휘발유 중대형	184	171
3	경유	133	68
4	LPG	19	14
5	휘 + 휘	17	18
6	휘 + 경	8	6
7	비휘발유	3	3
합계		716	716

2006년 4/4분기 휘발유 가격을 기준으로 상대 가격을 조정하면 <표 12>에서 보는 바와 같이 2003년 4/4분기 기준 가격 대비 휘발유 가격은 5.2%, 경유 가격은 45.8%, LPG 가격은 19.8% 상승하게 된다. 즉 경유의 인상률이 가장 크고, 휘발유 인상률이 가장 적다. 이는 차종의 선택에도 영향을 미치게 된다. 그 결과 차종선택은 <표 13>과 같이 초기모형(the base case)에 비해 경유 및 LPG를 사용하는 차량의 선택이 줄어들고 휘발유에 대한 선택이 증가하게 된다. 특히, 휘발유 차량의 선택에서 시나리오 1과 다른 점은 휘발유 중대형 차량의 선택은 감소하고 휘발유 소형은 증가한다는 점이다. 이는 경유 및 LPG 가격과 함께 휘발유 가격이 상승하는 경우에는 상대적으로 운영비가 저렴한 소형차로 선택이 집중됨을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후 과제

1. 결론

유가에 영향을 미치는 정책수단의 효과를 정확히 측정하기 위해서는 소비자의 승용차 보유 및 이용행태에 대한 분석 및 예측이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 이를 위해 승용차 보유대수 및 차종선택모형과 승용차 이용에 관한 주행거리모형과의 결합모형을 추정하여 유종별 가격에 대한 시나리오 분석을 통해 유가정책의 영향 평가를 시도하였다. 이를 위해 2003년 에너지경제연구원서 개별 가구 약 1,000가구에 대해 실시한 에너지간 이조사에서 수집된 자료를 이용하였다.

모형의 추정결과 및 유가정책의 영향 평가를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 승용차 보유대수 및 차종선택모형에서 모형의 적합도(the goodness of fit)을 나타내는 p^2 값은 통계적으로 유의한 범위 내

에 있으며, 모형의 적중률도 우수하다. 추정된 계수의 부호 역시 타당한 결과를 얻었다.

둘째, 승용차 이용에 관한 주행거리모형은 주행거리에 대한 회귀분석을 통해 추정하였으며, 로그함수형태로 모형이 설정되었다. 주행거리모형에서 추정된 계수는 통계적으로 유의한 범위 내에 있으며, 설명변수들의 부호 역시 타당하다. 또한 추정된 주행거리모형에서 단위운행비에 대한 탄력성은 1보다 커서 탄력적임을 보여주고 있다.

셋째, 추정된 결합모형을 이용하여 유가정책의 영향을 평가하기 위해 정부의 유종별 상대가격비 휘발유(100): 경유(85): LPG(50)을 기준으로 2003년 4/4분기의 경우와 2006년 4/4분기 경우에 대한 차종선택을 보면, 2003년 가격에 비해 상대적으로 많이 가격이 상승하는 경유 차량에 대한 선택이 많이 줄어들고, 가격변화가 적은 휘발유 차량에 대한 선택이 늘어난다. 그러나, 휘발유 가격의 변화에서 고정되는 시나리오와 상승하는 시나리오의 휘발유 차량에 대한 차종선택은 다르게 나타난다. 휘발유 소형 차량의 선택은 모든 경우 증가하는 반면, 가격이 상승하는 경우에 휘발유 중대형 차량에 대한 선택은 줄어든다.

2. 향후 과제

본 연구를 수행하는 과정에서 현실모사의 한계로 인해 많은 가정들이 모형추정의 전제로 제시되었다. 그에 따른 향후 연구과제를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 운전자수, 근로자수 등 가계특성변수들도 승용차 보유대수 및 차종선택에 영향을 미치는 설명변수에 포함되어야 하지만 본 연구에서는 자료수집상의 한계로 포함시킬 수 없었다. 또한 본 연구에서 승용차 보유대수 및 차종선택과 가족수(family size)간의 관계를 밝히려고 시도하였으나, 뚜렷한 관련성을 찾는데 실패하였다. 그러므로 향후 연구에서는 보다 자세한 가계특성변수의 포함뿐만 아니라 가계구성형태에 관한 특성도 포함시켜 보유대수 및 차종선택모형을 추정하는 방안을 논의할 필요가 있다.

둘째, 연구의 모형설정 구조에 관한 문제로 본 연구에서는 자가용 보유가구에 한해 보유대수 및 차종선택에 대해 추정을 하였다. 그 결과 보유한 가구 내에서 차종변화는 관찰할 수 있지만, 자가용 보유를 포기하는 경우에 대한 변화를 묘사하는

데는 한계가 있다. 그러므로 향후 연구에서는 무 보유, 즉 자가용 보유를 포기하는 경우까지 함께 고려할 수 있는 모형의 틀을 논의할 필요가 있다.

셋째, 향후 연구에서는 승용차 선택에 관한 의사결정 과정을 보다 다양한 관점에서 고찰하고, 모형간 비교를 통해 적절한 의사결정과정을 모형내에 포함하려는 시도가 필요할 것이다. 즉, 자동차 연료선택, 차종선택, 보유대수 선택 등의 다양한 선택에 대한 의사결정과정을 면밀히 고찰하여 이를 적절히 분석하기 위한 모형구조에 관한 이론적 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

- 권오상, (1999), "한국의 에너지절약연구(II)", 대한송유관공사·에너지경제연구원·SRI Consulting.
- 김양지, (2001), "신교통수단이 포함된 수단선택모형에 관한 연구: 서울시 강남구의 SP 조사를 이용하여", 서울대학교 환경대학원, 도시계획학 석사학위논문.
- 박상준·김성수, (2007), "승용차 보유대수와 차종선택에 대한 네스티드로짓모형의 추정", 교통학회지 2월 발행 예정.
- 에너지경제연구원, (2003), "가정부문 에너지소비조사 및 DB구축".
- 윤대식·윤성순, (1998), 『도시모형론』, 홍문사.
- 최도영·이양섭, (2005), "이산선택모형을 이용한 승용차 등급선택모형 추정", 에너지경제연구 제4권 제2호, pp. 43-60.
- Berkovec J. A., (1983), "Automobile market equilibrium", MIT PhD Dissertation.
- Berkovec J. A., (1985), "Forecasting Automobile Demand using Disaggregate Choice Models", Transportation Research B, Vol 19B9, No. 4, pp. 315-329.
- Berkowitz, M. K., Gallini, N. T/, Miller, E. J., Wolfe, R. A., (1990) "Disaggregate Analysis of the Demand for Gasoline", Canadian Journal of Economics, Vol. 23, No. 2, pp. 253-275.
- Dubin J. and McFadden D., (1984), "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption", Econometrica, Vol. 52, No. 2, pp. 345-362.
- Feng Y., Fullerton D., and Gan L., (2004), "Vehicle choices, miles driven, and pollution policies", NBER Working Paper Series No. 11553.
- Porterba, J. M., (1991), "Is the Gasoline Tax Regressive? In: Bradford, D. (Ed.), Tax Policy and the Economy 5. MIT Press, Boston.
- Sevigny M., (1998), "Taxing Automobile Emissions for Pollution Control", Edward Elgar Publishing Ltd.
- Wall M. and Hanson J., (1999), "Distributional aspects of an environmental tax shift: the case of Motor Vehicle Emissions Taxes", National Tax Journal, Vol. 52, No. 1, pp. 53-65.
- West S., (2004), "Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies", Journal of Public Economics, Vol. 88, pp. 735-757.
- West S., (2005), "Equity Implications of Vehicle Emissions Taxes", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 39, Part 1, pp. 1-24.