■ 論 文 ■

승용차 보유대수와 차종선택에 대한 네스티드로짓모형의 추정

A Nested Logit Model of Auto Ownership and Vehicle Type Choices

박 상 준
(서울대학교 환경대학원 박사수료)

김 성 수
(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적
Ⅱ. 선행연구의 고찰
Ⅲ. 모형의 설정
1. 네스티드로짓 모형
2. 모형의 설정
Ⅳ. 자료 및 추정 결과
1. 자료
2. 추정 결과
Ⅴ. 결론 및 향후 과제
1. 결론
2. 향후 연구과제
참고문헌

Key Words : 네스티드로짓모형, 승용차 보유대수, 차종선택, 포괄값, 승용차 이용
Nested Logit model, car ownership, car type choice, inclusive value, car usage

요 약

승용차 부문의 에너지수요 또는 대기오염물 배출에 대해 영향을 미치는 정책의 효과를 정확히 예측하기 위해서는 소비자의 승용차 보유 및 이용행태에 대한 분석 및 예측이 선행되어야 한다. 이를 위해 본 연구는 네스티드로짓모형을 활용한 가계의 자동차 보유대수 및 차종선택에 대한 연구로서 2003년 에너지경제연구원에서 수행한 에너지간이조사 자료를 이용하여 추정을 시도하였다.

모형의 추정결과를 요약하면, 모형의 적합도(goodness of fit)를 나타내는 ρ^2값과 포괄값이 모두 통계적으로 유의한 범위 내에 있어 네스티드로짓모형을 활용한 방법이 더 우수하다고 할 수 있다. 또한 운행비용의 탄력성이 1보다 커서 가구의 차량보유대수 및 차종선택은 운행비용에 대해 매우 민감하다는 것과 소득계층별로는 저소득 계층이 고소득 계층보다 더 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있었다.

The study examines households' auto ownership and car type choice with a nested logit model. In summary, ρ^2 and the inclusive values, which represent the goodness of fit of the model, are statistically significant. Therefore, the nested logit model is superior to the standard logit model in this case. Also, the elasticity of operating costs is larger than 1, which means households' car ownership and car type choice is very sensitive to the operating costs. Finally, the elasticity of the operating costs in the lower income group is higher than that of the operating costs in the higher income group.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

최근 환경문제에 대한 사회적 관심 증가로 인하여 주요 대기오염원으로 지목되는 자동차의 배출가스에 대한 관리방안에 대한 논의가 다양하게 진행되고 있다. 배출가스 관리방안의 가장 중요한 점은 정책에 대해 가계부문이 어떻게 반응하는지를 먼저 예상하고 실행에 옮겨야 효율성을 높일 수 있을 것이다. 즉, 에너지 정책의 실효성을 높이기 위해서는 그 정책에 대한 소비자의 반응을 정확히 분석하고 예측하는 것이 중요하다. 한편 거시적으로는 국가전체의 에너지 소비가 1980년대 후반부터 급증하기 시작한 이후 정부는 에너지절약 및 이용을 합리화하기 위해 다양한 정책들을 시행해 왔다. 그러나 관련 정책의 수행에 앞서 파급효과에 대한 정밀한 분석이 이루어졌던 경우는 많지 않았던 것으로 판단된다.

에너지 수요는 승용차, 난방기기 등 에너지를 소비하는 내구재(durables)로부터 제공되는 서비스에 대한 수요라고 할 수 있다(Dubin and McFadden, 1984). 따라서 미시적 에너지정책에 대한 에너지 수요의 반응을 계량화하기 위해서는 내구재에 대한 보유 및 이용행태를 분석할 수 있는 모형이 필요하다.

본 연구는 수송부문의 다양한 에너지절약정책에 대해 가계부문이 어떻게 반응하는지를 분석하기 위한 기초 연구로서, 후속 연구로 이어지는 주행거리 수요모형과 결합하여 정부의 에너지관리정책 영향을 분석하기 위한 기본적 틀로 활용될 수 있다.

승용차에 대한 선택 및 에너지 수요는 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다. 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 이용시간 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 차종선택, 이용행태를 분석·예측할 수 있는 모형의 정립이 필요하다.

2. 연구의 목적

본 연구는 승용차 보유 및 이용행태 분석을 위한 연구의 첫 단계로서, 위에서 언급한 승용차의 보유대수 및 차종 선택에 대한 네스티드로짓모형을 추정하는데 주된 목적이 있다.

즉, 가계가 보유할 승용차에 대한 보유대수 선택과 함께 휘발유·경유·LPG를 사용하는 일반형 승용차의 배기량 등급을 선택하는 모형을 추정한다. 독립변수로는 소득, 나이 등 가계의 특성변수들 뿐만 아니라, 차량의 가격, 운행비용, 자동차세액 등 선택할 대안(alternatives)의 속성변수들도 포함된다.

분석에 사용된 자료는 2003년도에 실시한 에너지간이조사 자료로서, 이는 전국에서 표본 추출된 1,000가구를 대상으로 승용차 보유 및 이용 행태 등을 조사한 자료이다.

Ⅱ. 선행연구의 고찰

본 연구의 기본적인 틀은 미국 자동차 시장에 대해 가구의 자동차 보유대수 및 차종선택에 관한 비집계모형을 추정한 Berkovec(1983)과 개별 가구의 내구재와 에너지 사용에 대한 결합수요를 추정한 Dubin and McFadden(1984)의 네스티드로짓모형을 활용한 차량선택모형에 의거하고 있다. 해외에서는 1980년대에 개별적인 이산선택(discrete choice)에 대한 연구가 본격적으로 발전되기 시작하였다.

Berkovec(1983)은 그의 박사학위논문에서 차종선택에 관한 비집계모형과 중고자동차 폐기 및 신차공급의 계량경제학적 모형을 결합하여 미국 자동차 시장에 대해 유류가격 상승에 대한 시뮬레이션을 보여주고 있다.

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

이를 본 연구 및 후속연구에 적용하면, 내구재는 자동

차를 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 연구[4]가 시도되었는데[5], 이들 5개 연구는 소득에 대한 통상적인 지표를 활용하였을 뿐, 배출가스 감소정책을 분석하는데 중요한 신형 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 배기가스 배출율(vehicle's emission rate) 결정에 영향을 미치기 때문에 중요한 요소로 다루어지고 있다.

Sevigny(1998)는 자동차 보유가구 만을 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 덜 하는 것으로 나타났다. 그리하여 휘발유세(gas tax)는 다른 연구들이 제시하는 것보다는 덜 역진적이라고 제시하고 있다. Walls and Hanson(1999)은 자동차 오염물 조절정책의 배분효과를 고려하기 위해 연간소득과 생애소득을 활용하였다. 연간소득을 활용한 결과는 모든 소득계층에 걸쳐 모든 정책이 역진적으로 나타났지만, 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.

네스티드로짓모형을 이용한 차량선택모형 추정에 관한 주요한 선행연구를 정리한 내용은 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 네스티드로짓모형을 이용한 국내·외 선행연구

저자	연도	선택변수	주요 변수
Berkovec	1984	차종 연식 보유대수	운행비용 자본비용 공간 차령 등
West	2004	연식 배기량 보유대수	운행비용 자본비용 지역 가족수 등
Feng et al	2004	연식 배기량 차령 보유대수	가구소비 운행비용 자본비용 지역 등
윤대식·김미화	1997	차급 승용차 보유 여부	소득 연령 성별

Ⅲ. 모형의 설정

1. 네스티드로짓(Nested Logit)모형

본 연구에서는 가계의 승용차 보유대수와 차종선택 행태를 분석하기 위하여 네스티드 로짓모형을 이용하였다.

McFadden이 GEV(Generalized Extreme Value) 모형의 특수한 형태임을 증명한 네스티드로짓모형은 일반로짓모형의 독립성 가정을 완화한 모형으로 그 직관적인 의미는 부가지(nests) 안의 각 대안들은 측정되지 않은 변수(예를 들어 안락함이나 편안함)간 상호연관성이 있다는 것이다. 네스티드로짓모형은 대안선택과정에서 하위수준(계층)의 대안들 간의 유사성 정도에 대한 추정치를 제

4) 이들 5가지 연구는 다음과 같다.
- Train(1986), Mannering and Winston(1985): 연식 사용 (차량크기는 측정 안함)
- Berkowitz et al.(1990): 연식과 형식(세단 혹은 트럭) 사용, 연료효율(연비)을 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

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

시하고 있기 때문에 다항로짓모형의 주된 제약이라 할 수 있는 '비관련대안의 독립성'의 성질을 피할 수 있는 장점이 있다.

네스티드로짓모형의 선택확률은 한계선택확률(marginal choice probability)과 조건부선택확률(conditional choice probability)의 곱으로 표현된다. 승용차 소유여부와 차종의 선택모형에 이용된 네스티드 로짓모형은 2단계의 나뭇가지 구조(tree structure)로 표현되며, 2단계의 선택측면을 i, j로 표현할 수 있다. j는 차종의 결정하는 단계이며, i는 차량 보유대수에 대한 결정단계이다. 의사결정의 2단계를 수식으로 표현하면 다음과 같은 결합확률을 갖는다.

$$P_n(ij) = P_n(j|i) \cdot P_n(i) \tag{1}$$

$P_n(j|i)$: i가 결정된 상황에서 j가 선택될 조건부확률
$P_n(i)$: i가 선택될 한계확률

여기서 먼저 선택된 j와 선택되지 않은 j에 관한 표본 관측치의 자료를 이용해서 조건부확률함수 $P_n(j|i)$의 모수(parameters)를 추정한다. $P_n(j|i)$은 미지의 모수의 벡터 β를 포함한다.

$$P_n(j|i) = \frac{e^{\beta X_{ij}}}{\sum_{m=1}^{n} e^{\beta X_m}} \tag{2}$$

X_{ij} : 대안 (i,j)를 위한 설명변수의 벡터
β : 파라미터

모수의 벡터 β가 추정되고 나면 다음과 같이 각각의 i에 대하여 포괄값(inclusive value) I_i가 계산된다.

$$I_i = \log \sum_{m=1}^{n} e^{\beta X_m} \tag{3}$$

포괄값(종종 logsum이라 불리기도 함) I_i는 어떤 하나의 주어진 대안 i에 속하는 대안 j의 최대효용의 기댓값이다. 포괄값 I_i의 파라미터인 $(1-\sigma)$는 0과 1 사이에 있어야 네스티드 로짓모형이 유효하다. 만약 추정계수값 $(1-\sigma)$가 1이 되면 네스티드 로짓모형은 표준로짓모형과 같다는 것을 의미하기 때문에 굳이 네스티드 로짓모형을 사용할 타당성이 없다고 할 수 있다. 즉 단순한 표준로짓모형을 사용해도 문제가 없으며 표준로짓모형을 이용한 추정계수의 값이 결코 편의(biased)된 추정치가 아님을 알 수 있다.

다음에 어떤 하나의 대안(i)를 선택할 한계확률함수 $P_n(i)$는 다음과 같이 추정된다.

$$P_n(i) = \frac{e^{a Y_i + (1-\sigma) I_i}}{\sum_{k=1}^{l} e^{a Y_k + (1-\sigma) I_k}} \tag{4}$$

Y_i : 대안 i를 위한 설명변수의 벡터
$a, (1-\sigma)$: 파라미터

각 개인에 대한 대안의 선택확률이 관찰되지 않으므로 종속변수는 선택되는 대안의 경우 1을, 그렇지 않은 경우 0의 값을 취하게 된다. 모형의 설명변수는 결정적 효용함수에 포함될 변수를 나타내며, 결정적 효용함수는 '파라미터에 대해 선형(linear in parameters)'이라는 가정 아래 추정된다.

2. 모형의 설정

본 연구의 승용차 보유대수 및 차종선택 모형은 다음과 같이 설정하였다. 승용차 보유대수는 0대, 1대, 2대로 한정하였으며, 차종분류는 자동차 등록법상의 분류를 기본으로 유종에 따라 휘발유의 경우 소형, 중형, 대형, 경유의 경우 중형 및 대형, 그리고 LPG차량 등 6가지 차종으로 구분하였다.

승용차 보유대수에 대한 선택은 각 보유대수에 대한 네스트를 구성하게 하고, 차종선택은 자본비용, 운행비용, 소득, 운전자의 나이 등에 대한 함수로 나타난다[6]. 이를 함수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$U(choice_i) = \alpha_0 + \beta_1(\text{자본비/소득}) + \beta_2(\text{운행비/소득}) + \beta_4(\text{운전자나이}) + \mu_i \tag{5}$$

실제 모형추정에서는 나이에 대한 더미변수를 도입하

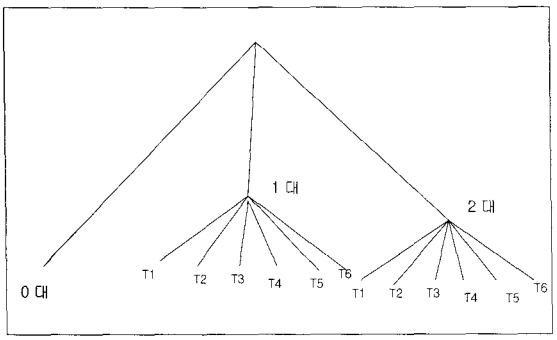
6) 실제로는 가족수, 운전자성별, 지역(수도권 여부) 등에 관한 자료를 이용하여 변수로 설정하여 추정을 시도하였으나 합리적인 추정치를 얻는데 실패하였다.

여 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. 또한 수단선택상수(alternative-specific constant)의 경우 무보유, 1대 보유, 2대 보유 총 20개 대안에 대해 19개를 도입하였다.

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

모형의 구조는 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 2단계 나뭇가지 구조(2-level tree structure)를 취하고 있다. 가구의 차량보유대수 네스트의 하위 네스트에는 본 연구에서 설정한 6가지 차종이 포함되어 있다. 그러나 2대 가구에 대한 실제 표본을 대상으로 차량조합을 살펴본 결과 총 13조합으로 이루어져 있기 때문에 추정에서는 2대 조합에 대한 선택대안에 대해서는 13개 조합을 활용하였다.

자본비용(capcost)은 차량을 보유하는 것 자체로 드는 비용으로서 차량가격, 자동차 보험료, 자동차세, 환경부담금(경유차의 경우) 등이 모두 포함된 가격이다. 차량가격의 계산은 차종별 판매량이 가장 많은 차종의 모델을 선정한 후 2003년 11월 기준 신차가격을 기초로 산정하였다. 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% 선수



〈그림 1〉 모형의 구조

〈표 2〉 설정된 변수의 개요

변수명	내용
choice	- 차종
capcost	- 자본비용
opcost	- 운행비용
inc	- 소득
age	- 운전자 연령(범주자료)

〈표 3〉 대표차종의 선정

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

금으로 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 2003년 11월 기준 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 연간소득을 구하였다. 나이(age)는 운전자의 연령을 나타내는 변수로서, 연령 범주별로 1부터 6까지의 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.

전체 표본에서 일반승용차가 아닌 화물차 및 12인승 이상 승합차를 제외한 유효 표본수는 966개로 지역, 가족수, 가구소득, 주운전자 연령, 주운전자 성별 등과 같은 가구특성자료와 차종, 배기량 등에 관한 차량특성자료에 대한 정보를 수록하고 있다. 그러나 가구의 운전자수, 근로자수에 관한 자료는 포함하고 있지 않다. 전체표본에 대한 자가용 보유대수를 살펴보면 〈표 4〉

과 같다. 무보유 가구는 256가구로 26.8%를 차지하고, 1대 보유가구는 646가구로 66.8%, 2대 보유가구는 62가구로 6.4%를 차지하고 있어 차량보유가구는 73.2%를 차지하고 있다.

〈표 4〉 자가용 보유 현황

자가용 보유대수		빈도(가구)	비율(%)
무보유	0	259	26.8
보유	1	645	66.8
	2	62	6.4
합계		966	100.0

자가용을 보유한 707가구의 첫 번째 차량(두 대 보유가구 경우)에 대한 차종분포를 살펴보면 〈표 5〉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	707	100.0

지역별 차종에 대한 특징을 보기 위해 첫 번째 차량에 대해 수도권과 비수도권으로 구분하여 보면 〈표 6〉와 같이 비수도권의 경유차량 구성이 수도권에 비해 높게 나타나고 있다.

〈표 6〉 지역별 차종 분포 현황

지역	유종	차급	빈도	비율(%)
수도권	휘발유	소형(1500cc 미만)	124	44.1
		중형(2000cc 미만)	79	28.1
		대형(2000cc 이상)	8	2.8
	경유	중형(2000cc 미만)	11	3.9
		대형(2000cc 이상)	34	12.1
	LPG		25	8.9
	합계		281	(39.6)
비수도권	휘발유	소형(1500cc 미만)	197	46.2
		중형(2000cc 미만)	94	22.1
		대형(2000cc 이상)	11	2.6
	경유	중형(2000cc 미만)	15	3.5
		대형(2000cc 이상)	85	20.0
	LPG		24	5.6
	합계		428	(60.4)

소득별 차량보유 여부 및 보유대수에 관한 내용은 〈표 7〉과 같다. 예상한 대로 소득이 높아질수록 2대 보유가구의 점유율이 높아지고 있음을 알 수 있다.

〈표 7〉 소득별 차종 보유 현황

월소득	보유대수	빈도	비율(%)	비율2(%)
200만원 미만	2대	2	3.3	6.2
	1대	31	51.7	
	무보유	27	45.0	
200 ~299만원	2대	6	434	14.2
	1대	97	70.8	
	무보유	34	24.8	
300~399만원	2대	27	8.3	33.6
	1대	232	71.4	
	무보유	66	20.3	
400~499만원	2대	29	12.6	23.9
	1대	173	74.9	
	무보유	29	12.6	
500~599만원	2대	21	16.9	12.8
	1대	93	75.0	
	무보유	10	8.1	
600~699만원	2대	12	19.0	6.5
	1대	44	69.8	
	무보유	7	11.1	
700만원 이상	2대	8	30.8	2.7
	1대	162	61.5	
	무보유	26	7.7	
합계		966		100.0

2. 추정 결과

1) 모형의 추정 결과

네스티드로짓모형을 활용한 차종선택모형을 추정하기 위해서 네스티드로짓모형 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 포괄값을 이용하여 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 계산 능력의 발달로 복잡한 우도함수 추정도 가능하게 되어 일반적으로 완전정보 최우추정법(FIML)을 많이 이용한다.

〈표 8〉 차종선택모형 추정 결과

변수	계수	표준편차	t값
자본비/소득	-35.22	6.159	-5.717
운행비/소득	-58.52	6.014	-9.729
20대 소형	34.25	82.408	0.416
50대 중형	9.97	5.869	1.699
ASC1	18.19	0.169×108	0.000
ASC2	23.37	6.53	3.575
ASC3	23.71	6.700	3.593
ASC4	23.72	6.725	3.527
ASC5	21.73	6.569	3.308
ASC6	21.83	6.515	3.351
ASC7	20.57	6.513	3.156
ASC8	2.95	1.094	2.700
ASC9	4.27	1.069	3.983
ASC10	5.17	1.169	4.419
ASC11	3.38	1.085	3.118
ASC12	2.93	1.060	2.767
ASC13	1.44	1.247	1.156
ASC14	4.07	1.200	3.392
ASC15	3.18	1.131	2.816
ASC16	2.51	1.228	2.042
ASC17	3.65	1.444	2.531
ASC18	.98	1.431	0.686
ASC19	0.79	1.223	0.646
IV_B(1|1,1)		0.076	
IV_B(2|1,1)		0.128	
IV_B(3|1,1)		0.034	
ρ^2		0.314	

대안집합의 수는 무보유 가구, 6개 차종, 13개 2대 조합으로 이루어져 총 20개(1+6+13)로 구성되어 있으며, 무보유 가구에 대한 대안집합의 구성은 다음과 같은 몇가지 현실을 반영한 가정으로 이루어져 있다. 첫째, 비용을 소득으로 나누기 때문에 무보유 가구의 자본비용은 0원이 아닌 최소값 1원을 넣어서 계산한다. 둘째, 무보유 가구의 운영비용은 대중교통수단을 이용하는 비용을 반영하기 위해 가구 소득의 5%를 활용하였다. 가구소득의 5% 활용 근거는 경우 통계청 자료를 이용하여 2003년 4/4분기 기준 품목별 가구당 월평균 가계수지 중 교통부문의 대중교통요금이 차지하는 비율(2.7%)을 구한 다음 가구평균 근로자수 약 1.6인/가구를 곱한 후 반올림하여 얻었다. 셋째, 무보유 가구의 차량선택 관련 운행비용의 경우 차량보유가구의 첫 번째 차량의 평균주행거리인 16,329km/년을 기초로 선택대안의 각 차종별 운행비용을 구성하였다.

가족수, 운전자 성별, 지역(수도권 및 비수도권) 등 여러 설명변수를 모형에 추가하여 다양한 시나리오로 추정을 시도하였다. 그러나 변수들의 계수 추정치가 통계적으로 유의한 값을 갖는 최종적인 모형의 추정 결과는 위의 〈표 8〉과 같이 얻어졌다. 수단선택상수(alternative-specific constant; ASC)는 순서대로 무보유(ASC1), 휘발유 소형(ASC2), 휘발유 중형(ASC3), 휘발유 대형(ASC4), 경유 중형(ASC5), 경유 대형(ASC6), LPG(ASC7), 13개 2대 조합 중 12개에 대한 수단선택상수(ASC8 ~ ASC 19)를 나타내고 있다. 최우추정 결과 '20대 소형' 더미변수 및 수단선택상수인 ASC1, ASC13, ASC18, ASC19 등을 제외하고 다른 설명변수들은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

포괄값(inclusive values) 역시 0과 1 사이의 값을 가져 네스티드로짓모형이 통계적으로 유의하고 적합한 모형임을 나타내고 있다. 즉 〈표 8〉에서 무보유, 1대 보유, 2대보유에 대한 포괄값을 나타내는 IV값은 각각 0.076, 0.128, 0.034를 얻어 적합한 모형임을 보여주고 있다. 포괄값의 추정계수값이 1과 충분히 다르다는 사실은 표준로짓모형을 사용할 경우 편의된(biased) 추정계수 값을 가질 것으로 볼 수 있으며 결과적으로 본 연구에서 가설화된 네스티드로짓모형의 구조가 매우 타당한 것임을 의미하는 것이다. 또한 모형 전체의 적합도(goodness of fit)를 나타내는 ρ^2값은 0.316으로서 모형의 경험적 추정결과는 적합도 측면에서 양호한 것으로 볼 수 있다. 일반적으로 ρ^2값이 0.2와 0.4 사이의 값만 가져도 추정된 모형의 적합도는 우수한 것으로 평가한다. 비용변수는 모두 부(-)의 값을 가져 비용이 증가할수록 효용은 감소함을 나타내고 있으며, 자본비용보다 운행비용의 효과가 상대적으로 더 크다는 것을 알 수 있다. 한편, 기술통계분석을 통해 나이별 차종선택에 대한 것을 반영하기 위해 효용함수에 추가한 두 개 나이그룹에 대한 더미변수는 20대 휘발유소형은 통계적으로 유의한 결과를 얻었지만, 50대 휘발유중형은 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하였다.

2) 탄력성의 추정 결과

모형에서 얻은 계수를 활용하여 운행비용에 대한 계층별 탄력성을 계산한 결과는 〈표 9〉와 같다.

차종분류에서 1은 휘발유 소형, 2는 휘발유 중형, 3은 휘발유 대형, 4는 경유 중형, 5는 경유 대형, 6은

〈표 9〉 소득계층별 운행비용 탄력성

보유	차종	저소득	중소득	고소득
1대 보유	1	-5.002	-2.957	-2.059
	2	-5.189	-3.064	-2.128
	3	-5.450	-3.213	-2.226
	4	-3.652	-2.138	-1.472
	5	-3.397	-1.993	-1.378
	6	-2.797	-1.630	-1.118
2대 보유	1,1	-5.660	-3.384	-2.428
	1,2	-5.846	-3.490	-2.497
	1,2	-6.105	-3.639	-2.595
	1,3	-5.946	-3.528	-2.487
	1,4	-5.698	-3.386	-2.394
	1,5	-5.843	-3.460	-2.427
	1,6	-6.031	-3.597	-2.567
	2,2	-5.883	-3.492	-2.464
	2,5	-6.028	-3.566	-2.497
	3,5	-6.143	-3.641	-2.561
	4,5	-4.357	-2.570	-1.810
	5,5	-4.105	-2.427	-1.716
	5,6	-4.252	-2.502	-1.749

LPG차량을 나타내며, 2대 조합은 각 숫자가 나타내는 차종의 조합을 의미한다.

운행비용 탄력성을 소득계층별로 비교해 보면 모두 1보다 커서 탄력적임을 나타내고 있지만, 저소득 계층의 운행비용 탄력성이 고소득 계층의 운행비용 탄력성 보다 더 크다는 것은 가격변화에 대한 차종선택에 저소득 계층이 더욱 민감하다는 것을 의미하고 있다.

또한 차종별 탄력성을 보면 상대적으로 가격이 높은 휘발유 차량의 탄력성이 높게 나타나고 있고, 상대가격에서 저렴한 LPG의 운행비용 탄력성이 가장 낮게 나타나고 있다.

V. 결론 및 향후 과제

1. 결론

승용차 부문의 에너지수요 또는 대기오염물 배출에 대해 영향을 미치는 정책수단의 효과를 정확히 측정하기 위해서는 소비자의 승용차 보유 및 이용행태에 대한 분석 및 예측이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 이를 위한 기초연구로서 그리고 후속 연구인 주행거리 수요모형과의 결합모형의 전단계로서 네스티드로짓모형을 활용한 가계의 자동차 보유대수 및 차종선택에 대한 추정을 하였다. 이를 위해 2003년 에너지경제연구원에서 개별 가구 약 1,000가구에 대해 실시한 에너지간이조사에서 수집된 자료를 이용하였다.

모형의 추정결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 모형의 적합도(goodness of fit)을 나타내는 ρ2값과 포괄값이 모두 통계적으로 유의한 범위 내에 있기 때문에 표준 로짓모형을 이용한 차량선택 추정보다는 네스티드로짓모형을 활용한 차량선택 추정이 더 우수하다는 것을 제시하고 있다. 즉 네스티드로짓모형이 확률효용극대화 모형과 일치하는 충분조건은 각 포괄값(inclusive value)의 계수가 단위구간, 즉(0, 1) 사이의 값을 가져야 한다. 따라서 추정한 포괄값의 계수가 단위구간 밖에 위치할 경우에는 모형규정이 잘못된 경우이므로 모형을 재규정하여야 한다.

둘째, 가계의 차량보유대수 및 차종선택은 운영비용 및 자동차 세제 등과 같은 차량의 특성변화에 매우 민감하다는 것이다. 즉 운행비용의 탄력성은 모든 소득계층에서 1보다 커 탄력적이다. 1대 보유의 차종선택의 경우 휘발유 대형 〉 중형 〉 소형의 순으로 탄력성이 커져 기대에 부합하고 있으며, 유종별로는 휘발유 〉 경유 〉 LPG 순으로 탄력성이 커 역시 기대에 부합한 결과를 나타내고 있다.

셋째, 탄력성을 소득계층별로 구분하여 계층별 탄력성을 비교한 결과 역시 기대했던 바대로 나타났다. 소득계층별 탄력성은 저소득 계층이 고소득 계층에 비해 더 높게 나타나, 저소득 계층이 고소득 계층에 비해 가격변화에 대해 더욱 민감하다는 것을 알 수 있다. 즉 예산제약이 다른 소득계층보다 상대적으로 크고 자동차를 포기하고 대중교통수단을 기꺼이 이용하려는 정도가 큰 저소득 계층이 운행비 변화에 대해 고소득 계층보다 상대적으로 민감하게 반응한다는 것을 의미한다.

2. 향후 과제

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

첫째, 운전자수, 근로자수 등 가계특성변수들도 승용차 보유대수 및 차종선택에 영향을 미치는 설명변수에 포함되어야 하지만 본 연구에서는 자료수집상의 한계로 포함시킬 수 없었다. 그러므로 향후 연구에는 이를 포함

시켜 보유대수 및 차종선택모형을 추정하는 방안이 요구된다.

둘째, 연구의 모형설정 구조 문제로 자가용 보유가구에 한해 차량선택에 대한 모형구조를 연료를 중심으로 선택하는 네스티드 구조의 응용을 향후 연구로 고려할 수 있다. 즉 최근 정부에서 추진하고 있는 차량 연료인 유종별 상대가격 조정으로 인하여 경유는 계속 가격이 상승하고 LPG 가격은 상승률이 낮게 유지되어 차종선택에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있다. 이를 분석하기 위한 모형구조로 연료를 선택가지에 명시적으로 집어넣어 분석하는 방법도 시도할 만 할 것이다.

셋째, 본 연구의 방법론적인 한계로는 승용차 보유 및 차종선택 모형이 주행거리 수요모형과 연결되지 못하여 다양한 정책수단의 효과를 분석하지 못하였다는 점이다. 그러나 이는 본 연구의 후속연구로 이어지는 주행거리 수요모형과 결합하여 차종선택 및 이용에 관한 전체적인 결합모형이 완성될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 권오상 (1999), "한국의 에너지절약연구(Ⅱ)", 대한송유관공사 · 에너지경제연구원 · SRI Consulting.
2. 윤대식 · 김미화 (1997), "승용차 소유여부와 배기량 선택의 네스티드 로짓분석", 지역연구 제13권 제1호, pp.85~98.
3. 윤대식 · 윤성순 (1998), 『도시모형론』, 홍문사.
4. 최도영 · 이양섭 (2005), "이산선택모형을 이용한 승용차 등급선택모형 추정", 에너지경제연구 제4권 제2호, pp.43~60.
5. Berkovec J. A. (1983), "Automobile market equilibrium", MIT PhD Dissertation.
6. Berkovec J. A. (1985), "Forecasting Automobile Demand using Disaggregate Choice Models", Transportation Research B, Vol 19B9, No. 4, pp.315~329.
7. 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.
8. Dubin J. and McFadden D., (1984), "An Econometic Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption", Econometrica, Vol. 52, No. 2, pp.345~362.
9. Feng Y., Fullerton D., and Gan L, (2004), "Vehicle choices, miles driven, and pollution policies", NBER Working Paper Series No. 11553.
10. Porterba, J. M, (1991), "Is the Gasoline Tax Regressive? In: Bradford, D. (Ed.), Tax Policy and the Economy 5. MIT Press, Boston.
11. Sevigny M, (1998), "Taxing Automobile Emissions for Pollution Control", Edward Elgar Publishing Ltd.
12. 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.
13. West S., (2004), "Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies", Journal of Public Economics, Vol. 88, pp.735~757.
14. West S., (2005), "Equity Implications of Vehicle Emissions Taxes", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 39, Part 1, pp.1~24.

♧ 주 작 성 자 : 박상준
♧ 교 신 저 자 : 박상준
♧ 논문투고일 : 2006. 10. 28
♧ 논문심사일 : 2006. 12. 4 (1차)
2007. 1. 5 (2차)
2007. 1. 29 (3차)
♧ 심사판정일 : 2007. 1. 29
♧ 반론접수기한 : 2007. 6. 30