

□ 論 文 □

개별행태 접근방법에 의한 교통수단선택 행태분석에 관한 연구

- 대구광역시 사례를 중심으로 -

A Study on the Behavioral Analysis of Travel Mode Choice
using Disaggregate Behavioral Approach

裴永錫

(주)한국교통기술연구소 소장

金基赫

(계명대학교 교통공학과 부교수)

金敬埴

(계명대학교 교통공학과 시간강사)

金彦東

(영남대학교 도시공학과 박사과정 수료)

目 次

- I. 序 論
- II. 資料의 蒐集과 分析
 - 1. 資料의 概要
 - 2. 資料의 特性 分析
- III. 個別行態模型의 適用
 - 1. 模型의 一般의 定式化
 - 2. 使用 data
 - 3. 選擇代案(choice set)設定
- IV. 交通手段選擇模型의 實證的 檢討
 - 1. 交通手段選擇模型의 說明變數 選定
 - 2. 交通手段選擇模型의 適合性 檢討
- V. 結 論
- 參 考 文 獻

ABSTRACT

The main purpose of this study is identifying the factors which affect the mode choice behavior of work trips. Disaggregate behavioral approach is used for the analysis. The data were collected using the questionnaire survey method in Taegu. Two models were developed in this study which are multinomial logit model(MODEL-1) for auto, taxi and bus and multinomial logit model(MODEL-2) for auto, taxi, bus and subway. The stated preference(SP) data were used for the analysis of the subway mode choice behavior. MODEL-1 provide reasonable results for the future application. A multinomial model(MODEL-2) developed using the stated preference(SP) data was tested for the use of future transportation mode. It is found that the those models provides reasonable results in terms of behavioral and statistical considerations.

이 연구는 93년도 한국과학재단 연구비지원에 의한 결과임. (과제번호:93-0800-14-03-3)

I. 序 論

도시교통정책을 효율적으로 수립·시행하기 위해서는 먼저 장래의 교통수요예측이 필요불가결한 요소이다. 특히 각종 교통정책대안이 통행패턴에 미치는 직·간접적 영향 또는 효과를 적절히 평가하기 위해서는 정확한 정보를 제공해 줄 수 있는 교통수요예측기법이 요구된다.

현재 교통수요예측기법으로 가장 널리 사용되고 있는 방법은 수요예측모형을 통행발생(Trip Generation), 통행분포(Trip Distribution), 수단선택(Modal Split), 통행배분(Traffic Assignment)의 4단계로 분할하여 단계별로 모형을 만들어서 진행시켜 나가는 4단계 수요예측기법이다. 각 단계별 모든 모형들이 중요한 의미를 가지고 있으나 본 연구에서는 교통수단선택의 행태적 특성을 파악하는데 그 목적을 두었다. 교통수단선택 행태분석은, 자가용 승용차의 증가에 따른 교통체증현상과 이를 해결하기 위하여 고용량의 대중교통수단인 지하철수단의 도입이 모든 대도시에서 중요한 관점인 현 상태에서 볼 때 그 중요성은 매우 높다고 할 수 있다. 4단계 추정법의 경우, 수단선택 예측은 특정지역을 대상으로 총량 또는 집합적인 자료를 사용하였기 때문에 교통수단을 선택하는 주체인 통행인의 행태적 속성이나 각 교통수단의 특성이 간과되어 온 것이 사실이다. 따라서 인간의 교통행동을 그 행동원리에 기초를 두어 분석하기 위해, 각 개인의 교통행동특성을 합리적이며 보다 세심하게 고려할 수 있는 개별행태모형(Disaggregate Behavioral Model)을 이용한 교통수요예측의 연구가 1970년대에 들어서 McFadden, Ben-Akiva 등에 의해 많이 행해졌다. 초기에는 교통수단선택에 관한 연구가 많았으나, 그후 교통발생빈도¹⁾, 분포교통량의 예측²⁾, 공공교통수단의 경로선택의 예측³⁾에도 적용되

어졌다. 또한, 최근에는 종래의 4단계추정법에 대응하기 위해, 배분단계를 제외한 모든 단계의 교통수요예측에 대해 개별행태모형을 적용시킨 연구^{4),5)}가 행해졌다. 우리나라의 경우, 1980년대에 들어 쇼핑교통^{6),7)}, 출근교통^{8),9)} 등을 대상으로 개별행태모형을 이용한 교통수단선택 행태분석에 관한 연구가 다수 행해져 왔으나, 출근교통의 경우, 분석대상자료가 일부특정지역에 한정되어 있어, 대도시 적용을 위한 교통수단선택모형으로는 다소 미흡하다고 할 수 있다. 또한, 개별행태모형의 큰 장점으로, 현재 존재하지 않는 새로운 교통수단의 도입에 따른 수단선택의 변화에 관한 예측을 들 수 있는데, 우리나라에서는 이에 대한 연구^{10),11)}가 일부 수행되었으나, 분석대상지역, 모형구축에 의한 분석유무, 적용data上 몇 가지 문제점을 내포하고 있기 때문에, 대도시에 있어서, SP(Stated Preference) data에 의한 교통수단선택 모형구축에 관한 연구로서는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대구광역시를 대상으로 개별행태모형의 적용을 검토하였으며, 또한, 현재 건설중인 지하철의 완공에 따른 이용자의 수단선택 행태에 관한 예측모형을 구축하였다.

본 연구의 목적은 이하의 2가지로 구분할 수 있다. 첫째는, 타 목적통행에 비해 중요한 비중을 차지하면서 행동성에 있어서는 비교적 안정적인 형태를 보이는 출근통행을 대상으로 개별행태적 모형에 의한 이용자의 교통수단선택 행태분석을 행하고, 둘째로는, 어느 도시에 새로운 교통수단이 도입되었을 때 교통수단선택행동의 변화에 관한 예측이 중요한 과제로 대두되어 지는데, 이를 해결하기 위해서 종래의 4단계 추정법에서는 새로운 교통수단을 보유하고 있는 他 都市의 자료에 의한 모형이나 전환율곡선을 이용하였다. 그러나 이들 방법은 모형의 이전가능성을 전제로 하고 있으며, 집계모형의

이전가능성은 매우 낮다는 것은 주지의 사실이다. 따라서 본 연구에서는 SP(Stated Preference) data를 이용한 개별행태모형을 구축하는데 그 목적을 두었다.

II. 資料의 蒐集과 分析

1. 資料의 概要

1) 資料의 蒐集

본 연구에서 사용된 자료는 타 목적통행에 비하여 중요한 비중을 차지하면서 행동성에 있어서는 비교적 안정적인 형태를 보이는 출근통행을 분석대상으로 대구광역시내에 있는 각 급직장의 직장인을 조사대상으로 선정하여 무작위표본추출을 행하였으며, 자료의 수집은 조사원들이 1994년 5월 23일~5월 30일까지 8일간 설문지 1,140부에 대하여 배포 및 면접조사를 하였으며 회수된 설문지 가운데 출근교통의 수단선택 행태분석에 이용가능한 설문지는 966부로 유효표본회수율은 85%였으며, 이중 모형추정에 사용 부적절한 자료를 제외한 결과, 실제 모형추정에 이용한 것은 647 sample이다.

2) 설문조사 내용 및 방법

개별행태모형의 추정에 이용되어지는 data는, 과거의 어떤 상황에 있어서 각 개인의 실제의 행동결과를 나타내는 RP(Revealed Preference) data와 가상의 상황에 있어서 특정대상과 그 특성에 관해 개인의 선호의식을 나타내는 SP(Stated Preference) data의 크게 2가지로 구분할 수 있다. 통상적으로, 개별행태모형의 추정에는 과거의 어떤 상황에 있어서 각 개인의 선택행동 결과인 RP data를 이용하지만, 현재 존재하지 않는 service의 도입, 예를 들면 신설 교통수단이

도입될 경우 이에 대한 data를 구할 수 없기 때문에, 개별행태모형에서는 새로운 선택대안의 취급방법으로서 3가지방법을 사용할 수 있다. 1) 개별행태모형의 이전가능성을 이용하여, 새로운 선택대안을 가지고 있는 유사지역의 모형을 이용하는 방법, 2) 예측대상지역에서 현존하는 선택대안의 선택행동에 대한 모형을 구축하여, 그 parameter와 새로운 선택대안의 service특성변수를 이용하여 새로운 선택대안의 효용을 산정함에 의해 선택확율을 구하는 방법, 3) Stated Preference data를 이용하여 선택모형을 예측에 이용하는 방법. 본 논문에서는 SP data를 이용하여 지하철 건설에 따른 이용자의 교통수단선택에 관한 행태분석을 행하고자 한다.

주요 조사항목은 ①각 개인의 사회 경제적 특성 ②통근시 이용하는 교통수단 및 이용가능한 교통수단에 대한 서비스수준 ③새로운 교통수단 즉, 지하철 건설시 교통수단의 전환여부등으로 구성되어 있다. ③의경우, 조사방법은 각 개인에 대해, 신설 교통수단으로 전환하기 위한 서비스 변화의 최저조건(전환 한계값)을 질문하는 전환가격(Transfer Price)조사 방법¹²⁾을 채택하였다. TP조사는, 예를 들면 「대체교통수단 T의 소요시간이 몇 분 단축되면, 당신은 현재 이용하고 있는 교통수단으로 부터 교통수단 T로 전환해도 좋다고 생각하십니까?」와 같이, 교통수단선택의 전환한계값을 질문하는 조사이다.

2. 資料의 特性 分析

1) 性別分布

〈표 1〉은 성별 교통수단 분담율을 나타낸 것으로 전체 966표본 중에서 37.1%가 여성, 62.9%가 남성으로 구성되어 있으며, 표본 중에서 버스교통수단은 전체여성의 64.2%, 전체남성의 26.6%가 이용하고 있는 것으로 나타났고, 승용

차를 이용하여 출근하는 경우는 전체여성의 14.5%, 전체남성의 51.8%로 나타나 버스와 승용차의 경우는 성별에 따라 대조적인 비율을 보여주고 있다.

또한 전체표본에 대해, 버스 이용하는 사람이 40.6%이며, 이 경우 여성과 남성의 비율에 큰 차이가 없으나, 승용차의 경우 남성이 85.8%, 여성이 14.2%로 출근통행시 남성의 승용차 선호경향을 알 수 있다.

〈표 1〉 출근통행의 성별 교통수단 분담율 (단위 : 인)

구 분	여 성	남 성	합 계
도 보 (%)	31(8.7) (41.9)	43(7.1) (58.1)	74(7.7) (100.)
버 스 (%)	230(64.2) (58.7)	162(26.6) (41.3)	392(40.6) (100.)
택 시 (%)	19(5.3) (48.7)	20(3.3) (51.3)	39(4.0) (100.)
승용차 (%)	52(14.5) (14.2)	315(51.8) (85.8)	367(38.0) (100.)
기 타 (%)	26(7.3) (27.7)	68(11.2) (72.3)	94(9.7) (100.)
합 계	(100.) 358(37.1)	(100.) 608(62.9)	(100.) 966(100.)

2) 年 齡 別 分 布

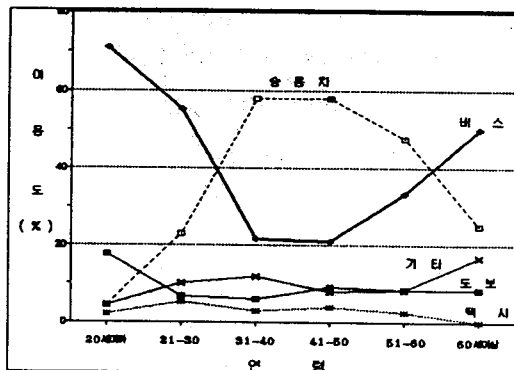
통행자들의 연령에 따른 교통수단의 분담율

의 분석은, 통행자들의 연령을 20세이하, 21세부터 30세, 31세부터 40세, 41세부터 50세, 51세부터 60세, 60세이상 등으로 6단계로 구분하여 분석하였다. 〈그림 1〉은 이용자 연령별 교통수단 분담율을 나타낸 것으로 택시와 기타 교통수단은 연령에 따른 변화가 크지 않은 반면 버스와 승용차는 30~50대 연령의 경우 분담율이 21%이며, 20세 이하인 경우는 71%, 60세이상의 경우는 50%로 높게 나타났다.

승용차의 경우는 버스와는 대조적으로 20세 이하인 경우가 4%, 60세이상인 경우 25%로 비교적 낮게 나타나고 있으나 30~50대에서는 58%정도로 나타나 중 장년 층의 승용차 이용도가 매우 높은 것으로 나타났다. 연령에 따른 승용차와 버스의 수송분담율은 완전 대조를 이루고 있는 것으로 나타났고 도보 및 기타는 전체 그룹에 대하여 분담율이 비교적 낮게 나타났다. 택시의 분담율이 4.0%로 가장 낮게 나타났다.

3) 所 得 分 布

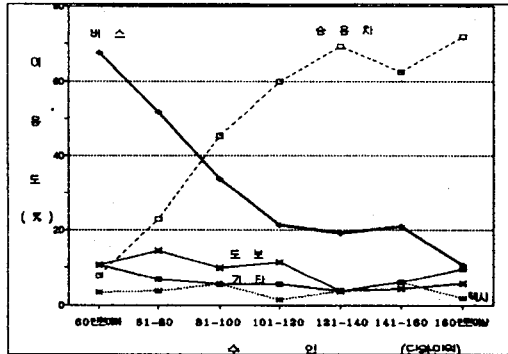
출근통행시 이용하는 교통수단에 대한 통행자의 월평균소득별 분석은 소득을 60만원대 부터 20만원 간격으로 160만원이상까지 분류하여 분석하였는데 소득이 증가할수록 승용차 분담



〈그림 1〉 이용자 연령별 출근통행의 교통수단분담율

율이 높아지고, 반대로 버스의 경우는 소득이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있다. 한편, 택시 및 기타 교통수단의 경우는 소득에 따

른 변화가 미미하여 영향을 별로 받지 않는 것으로 나타났다.



〈 그림 2 〉 통행자 월평균소득별 출근통행의 교통수단분담율

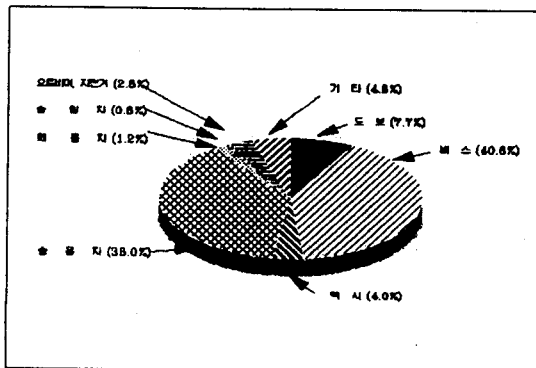
4) 出勤通行의 交通手段 分擔率

교통수단 분류에 따른 분담율은 〈그림 3〉에서와 같이 버스와 승용차가 전체의 78.6%로 대부분을 차지하며 그 외의 교통수단은 도보가 7.7%로 나타났고 택시는 4%로 낮은 편이었다.

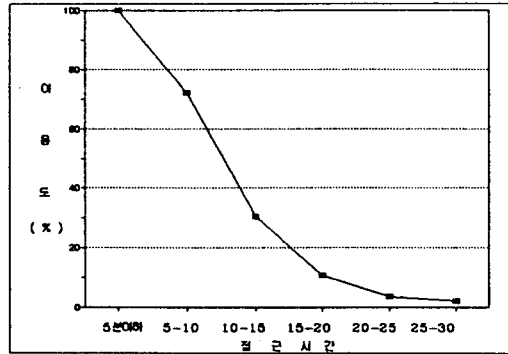
행시 지하철에 대한 접근시간에 따른 지하철 이용 의식도를 조사하였다. 주어진 지하철교통수단의 운행특성은 지하철 요금 350원, 배차간격 10분으로 가정하여 (지하철 대기시간은 5분) 접근시간이 5분 간격으로 변함에 따른 지하철 이용 의식도를 조사하였다. 어떠한 경우에도 지하철을 이용하지 않겠다고 전체 표본 중에서 10 표본으로 1%를 차지하고 있으며 지하철 이용하는 표본들 중에서 접근시간이 10분 정도일 경우는 72.4%, 20분 정도일 경우는 10.8%만이 지하철을 이용한다고 응답하여 접근시간에 따라 이용도의 변화가 심하게 나타났다.

5) 出勤通行時 地下鐵 接近時間에 따른 地下鐵 利用意識度 分布

대구광역시의 경우 지하철 1호선이 1993년에 착공하여 1단계 계획의 지하철 4호선 공사가 끝나는 2001년까지는 지하철 교통수단의 분담율을 파악하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 출근통



〈 그림 3 〉 출근통행의 교통수단분담율

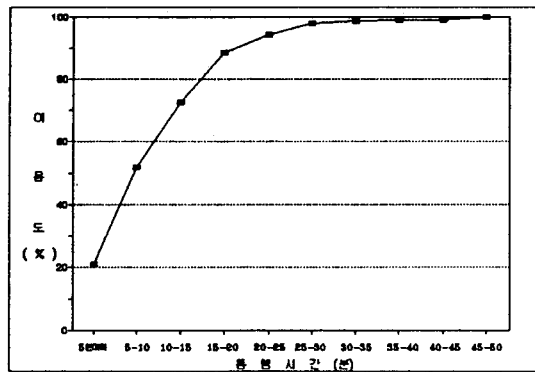


〈 그림 4 〉 출근통행시 지하철 접근시간에 따른 지하철 이용 의식도 분포

6) 出勤通行의 地下鐵 通行時間 短縮에 따른 地下鐵利用 意識度 分布

출근통행시 지하철의 통행시간 단축에 따른 지하철 이용 의식도를 접근도 의식조사와 동일하게 실시하였다. 지하철을 이용할 경우 현재 이용교통수단보다 통행시간이 5분 이하로 단축

될 경우 21.2%가 지하철을 이용하겠다고 응답하였으며, 통행시간이 10분 정도 단축되면 52.3%, 20분 단축은 89.3%, 30분이 단축된다면 전체의 99%가 지하철을 이용한다고 응답하였는데 이는 도로의 교통혼잡이 심할수록 지하철의 이용도가 높아짐을 나타내는 것이라 하겠다.



〈 그림 5 〉 출근통행의 지하철통행시간단축에 따른 지하철 이용 의식도 분포

Ⅲ. 개별행태모형의 적용

1. 模型의 一般的 定式化 13)

개별행태모형의 이론적 기초가 되는 Random 효용이론은, 행동의 기본적인 의사결정 단위인 각 개인은 어떤 선택상황가운데서 자신에게 효

용이 가장 큰 대안을 선택한다고 하는 효용 최대화 행동을 기본 전제로 하며, 이때 효용이 확정적으로 결정되지 않고 확률변동한다고 생각하는 것으로, 효용 U_{in} 을 관측가능한 부분(확정항) V_{in} 과 확률변동하는 부분(확률항) ϵ_{in} 으로 나누어 다음과 같이 나타낸다.

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

이때 개인 n 가 대안 i 를 선택하는 확률 P_{in} 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \text{Prob}[U_{in} > U_{jn}, \text{ for all } j \neq i] \\
 &= \text{Prob}[V_{in} + \epsilon_{in} > V_{jn} + \epsilon_{jn}, \text{ for all } j \neq i] \dots(2) \\
 &= \text{Prob}[\epsilon_{jn} - \epsilon_{in} < V_{in} - V_{jn}, \text{ for all } j \neq i] \\
 &\quad \text{단, } 0 \leq P_{in} \leq 1, \sum_j P_{jn} = 1
 \end{aligned}$$

여기서, 확률함의 분포형의 가정에 의해 다른 개별행태모형이 도출되어지나, 일반적으로 확률함의 선택대안(Alternative)간에 상호 독립적이고 동일분산의 Weibull 분포에 따른다고 가정함에 의해 다음의 다항 Logit 모형이 도출되어진다.

$$P_{in} = \frac{\exp(\lambda \cdot V_{in})}{\sum_j \exp(\lambda \cdot V_{jn})} \dots\dots\dots (3)$$

이하 본 연구에서는 Logit 모형을 이용하여 교통수단선택모형을 추정하고자 한다.

한편, 추정된 모형의 검정에 있어서는, 각각 파라메타에 대해서는 t 검정을 행하고, 또 모형 전체의 적합성을 나타내는 지표로서는 尤度比 ρ^2 를 이용한다. 尤度比⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾는 회귀모형의 결정계수 R^2 과 유사한 성질을 가지고 있으나 ρ^2 과 R^2 값을 경험적으로 비교해 볼 때 ρ^2 가 0.2~0.4의 값을 가질 경우에도 충분히 높은 적합성을 가진다고 할 수 있다.

$$\rho^2 = 1 - \frac{L}{L(0)} \dots\dots\dots (4)$$

여기서 L 은 추정되어진 파라메타를 이용한 경우의 대수우도, $L(0)$ 는 對數尤度함수 L 의 파라메타값을 모두 0으로 두고 실적 Share만을 이용했을 때의 대수우도이다.

2. 使用 data

본 연구에서, 개별행태모형의 추정에 이용되는 data는 RP data와 SP data의 2종류이다. IV장의 모형추정에 있어서는, 통근시 현재 이용하고 있는 교통수단(RP data)과 지하철이 개통하였을 경우의 전환여부(SP data)에 대한 통근자의 교통수단선택행태 분석을 행하였으며, 이때 MODEL-1의 경우는 RP data, MODEL-2에서는 SP data를 각각 이용하였다.

SP data의 경우, TP(Transfer Price)조사방법에 의해 신설 교통수단에서의 전환 한계값(예: 소요시간)을 설문조사하고, 이들 전환 한계값과 신설교통수단의 서비스조건과의 비교에 의해 이용교통수단의 전환 여부가 결정된다.

3. 선택대안 집합(choice set) 설정

모형추정에 있어서 선택대안 집합(choice set) 설정문제는 매우 중요하다. 설문조사 결과를 보면, 출근통행의 교통수단이 크게 도보, 승용차, 버스, 택시의 4종류로 구성되어 있으므로, 이들을 선택대안 집합으로 하는 다항 로짓모형의 추정이 일반적이다.

그러나 도보의 경우는 다른 교통수단과는 달리, 목적지까지의 거리가 선택결정의 주된 요인으로 작용하며, 또한 로짓모형의 IIA(Independence from Irrelevant Alternatives)특성을 감안한다면, 도보의 포함의 경우는 nested logit 모형의 적용이 논리상 보다 바람직할 것으로 판단된다.

따라서 본 논문에서는 우선적으로 도보를 제외한 승용차, 버스, 택시를 선택대안 집합(choice set)으로 설정하고, 실제 이들 교통수단을 이용한 원거리 통근자를 대상으로 수단선택 행태분석을 행하도록 한다.

IV. 交通手段選擇模型의 實證的 檢討

1. 交通手段選擇模型의 說明變數 選定

개별행태모형에서는 변수를 크게 대안특성변수와 개인특성변수로 구분하며, 대안특성변수는 대안고유 dummy상수 (alternative-specific constant), 대안고유변수 (alternative-specific variables)의 2가지로 구분되어 진다. 본 연구에서는 대안 고유변수로는 차내시간과 차외시간 및 통행비용과 요금을 선정하였다. 이때, 통행비용의 경우, 승용차 및 택시에 대해 대안 특성화 (alternative-specific)시켰고, 요금의 경우 버스 및 지하철에 대해 대안 특성화 (alternative-specific)하였다. 한편, 개인특성변수 (alternative-specific socioeconomic variables)로서는 월평균소득과 연령, 성별 등을 채택하였다.

채택된 설명변수는 연속변수와 Category 변수의 두 가지로 구분하였는데, 이 중 통행시간 관련변수와 통행비용 관련변수는 연속변수로 취급하고, 개인특성변수중 소득은 연속변수, 그 외 나이, 성별은 Category化 하였다. <표 2>는 사용된 설명변수에 대한 정의를 나타내고 있다.

< 표 2 > 교통수단선택모형에 사용된 변수

변수명	변수의 내용	단위	
대안고유 dummy 상수	C-CONST	승용차의 상수항	-
	T-CONST	택시의 상수항	-
	B-CONST	버스의 상수항	-
대안고유 변수	IVTT	차내시간	분
	OVTT	차외시간(access+egress)	분
	COST	통행비용(승용차, 택시)	원
	FARE	요금(버스, 지하철)	원
개인특성 변수	AGE340	연령이 30~40대이면, 1 그 외, 0	세
	SEXM	성별이 남자이면, 1 여자, 0	-
	INCOME	소득	만원

2. 交通手段選擇模型의 適合性 檢討

1) 多項로짓模型(MODEL-1)의 推定 結果

본 모형에서는 출근통행의 교통수단선택에 있어서 승용차, 시내버스, 택시의 다항 Logit 모형의 parameter추정을 행하였으며, 추정결과는 <표 3>에 나타내었다. 이때 사용된 data는 각 개인이 현재 출근통행시 이용하고 있는 교통수단을 설문조사한 결과인 RP data를 이용하였다. 사용된 설명변수는 통행시간 관련변수, 비용 및 요금관련변수, 개인특성변수등 이다. 이때, 통행비용의 경우, 승용차 및 택시에 대해 대안 특성화 (alternative-specific)시켰고, 요금의 경우 버스에 대해 대안 특성화 (alternative-specific)하였다.

결과를 보면, 모든 변수들은 논리적으로 합당

< 표 3 > 교통수단선택 MODEL-1의 추정 결과 (승용차, 택시, 버스)

Alternative	Variable	Coefficient	T-value
C	C-CONST	-5.54254	-10.785
T	T-CONST	-5.25364	-9.402
C, T, B	IVTT	-0.01611	-1.681
C, T, B	OVTT	-0.06349	-5.585
C, T	COST	-0.00006	-2.037
B	FARE	-0.00287	-3.917
C	AGE340	1.01279	4.505
T	AGE340	0.45085	1.067
C	SEXM	1.81615	7.476
T	SEXM	0.32164	0.806
C	INCOME	0.01822	6.440
T	INCOME	0.01191	2.757
Log-Likelihood		-389.17	
Restricted Log-L		-710.80	
Chi-Squared		643.26	
ρ^2		0.4525	
Number of observations		647	

주) Alternative는 모형에 사용된 설명변수가 특성화되어진 대안을 의미한다 : C(승용차), T(택시), B(버스)

한 부호를 나타내고 있다. 통행시간 관련변수인 차내시간과 차외시간은 음(-)의 부호를 가지며, 차내시간보다 차외시간이 수단선택에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이는 대도시에 있어서 특히, 지하철이 운행되고 있지 않는 대구광역시의 경우 도로 혼잡에 따른 수단의 소요시간(차내시간)의 차이가 미미하므로 교통수단이용자들이 수단자체의 소요시간인 차내시간에는 영향을 별로 받지 않고 수단에 대한 차외시간 즉, 접근시간(access time) 및 목적지까지의 도착시간(egress time)이 더 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다. 비용 및 요금관련변수 역시 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 비용 및 요금이 많이 들수록 대상교통수단을 기피한다는 것을 의미한다.

한편, 개인특성변수는 승용차 및 택시에 대해 대안 특성화(alternative-specific)시켰으며, 결과를 보면, 연령이 30~40대이고, 남성인 경우 승용차를 이용하는 경향이 높은 것으로 나타났고, 또한 소득이 높을수록 승용차를 선호하는 것으로 나타났다. 이들 변수의 t값은 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타났다. 그러나, 택시의 경우 연령과 성별이 수단선택행동에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났다. 모형의 적합도를 나타내는 ρ^2 값은 0.45로서 매우 양호하다고 할 수 있다.

2) 多項로짓模型(MODEL-2)의 推定 結果

지하철 의식도를 고려한 각 수단별 분담율은 수집자료를 이용하여 분석한 결과 승용차, 택시, 버스, 지하철이 각각 36.17%, 3.86%, 30.45%, 33.38%로 나타났다. 이 중에서 가장 높은 분담율을 가진 수단은 승용차이며 가장 낮은 분담율을 가진 수단은 택시로 나타났다. 따라서, 본 모형에서는 승용차, 버스, 택시, 지하철의 4가지 선택대안을 가지는 다항 Logit 모형의

Parameter추정을 행하였다. 이때 사용된 data는 지하철이 개통하였을 경우의 전환여부 결과인 SP data를 이용하였다.

추정결과는 <표 4>과 같다. 사용된 설명변수는, 개인특성변수, 통행시간 관련변수, 비용 및 요금 관련변수등 이다. 통행비용의 경우, 승용차 및 택시에 대해 대안 특성화(alternative-specific)시켰고, 요금의 경우 버스 및 지하철에 대해 대안 특성화(alternative-specific)하였다. 추정결과, 통행시간 관련변수인 차내시간과 차외시간은

< 표 4 > 교통수단선택 MODEL-2의 추정 결과 (승용차, 택시, 버스, 지하철)

Alternative	Variable	Coefficient	T-value
C	C-CONST	-2.24671	-5.212
T	T-CONST	-2.02312	-3.558
B	B-CONST	3.53964	10.486
C, T, B, S	IVTT	-0.05333	-7.105
C, T, B, S	OVTT	-0.08980	-8.200
C, T	COST	-0.00006	-1.882
B, S	FARE	-0.00198	-2.509
C	AGE340	0.46875	2.124
T	AGE340	0.40569	0.884
B	AGE340	-0.74537	-2.753
C	SEXM	1.28115	4.809
T	SEXM	-0.00018	0.000
B	SEXM	-0.73147	-2.908
C	INCOME	0.00166	1.086
T	INCOME	-0.00266	-0.680
B	INCOME	-0.01123	-3.874

Log-Likelihood	-616.08
Restricted Log-L	-896.93
Chi-Squared	561.70
ρ^2	0.3131
Number of observations	647

주) Alternative 는 모형에 사용된 설명변수가 특성화되어진 대안을 의미한다 : C(승용차), T(택시), B(버스), S(지하철)

음(-)의 부호를 가지며, 두 변수 모두 수단선택에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 선택대안에 정시성을 가지는 고속·고용량의 지하철이 포함되었을 경우 수단선택의 기준은 차외시간뿐만 아니라 차내소요시간에도 많은 비중을 두고 있다는 것을 의미한다. 비용 및 요금관련변수 역시 MODEL1의 경우와 같이, 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 비용 및 요금이 많이 들수록 대상교통수단을 기피한다는 것을 의미한다.

한편, 개인특성변수는 승용차, 택시 및 버스에 대해 대안 특성화(alternative-specific)시켰다. 추정결과, 연령이 30~40대이고, 남성의 경우가 승용차를 이용하기 쉬운 경향이 있는 것으로 나타난 반면, 버스는 반대현상을 나타내고 있다.

또한, 소득이 높을수록 버스를 기피하는 것으로 나타났으나, 택시의 경우 연령, 성별 및 소득이 수단선택행동에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났다. 전체모형의 적합도인 ρ^2 값은 0.31로 아주 양호한 것으로 판단된다. 그러나, 일부변수의 경우 t 값이 낮아서 통계적 유의성에 약간의 문제가 있으나, 이는 의식조사 data에 있어서, 선호의식(Stated Preference)이 실제의 행동과 어느 정도까지 일치하는가에 대한 회답의 신뢰성 문제 및 모형에 사용되어진 설명변수의 선정에 관한 문제로 판단되어지므로, 향후 의식조사의 신뢰성을 고려한 분석방법 및 보다 적절한 설명변수의 선택에 관해 세심히 검토할 필요가 있다.

3) 결과의 정리

본 절에서는, 대구광역시를 대상으로 RP 및 SP data를 이용하여 추정된 개별행태모형의 적용성 검토를 행하였다. 일반적으로, 두 가지 이상의 모형이 추정되었을 때, 그 결과의 차이점을 분석하기 위해, 추정된 각 parameter 쌍들 간

의 통계적 유의성에 관한 분석(t-test) 및 모형 전체의 두 모형간의 유의성에 관한 통계적 분석(χ^2 -test)등을 행할 필요가 있으나, 본 연구에서의 모형들은 선택대안이, MODEL-1의 경우 승용차, 택시, 버스의 3개이고, MODEL-2에서는 승용차, 택시, 버스, 지하철의 4가지로 모형간의 choice set가 서로 다르며, 또한, 선택대안 고유변수를 사용하고 있기 때문에 모형간의 사용된 설명변수가 동일하지 않다. 따라서, 상기의 통계적 분석의 적용이 부적합하여, 이하 양 모형에 대한 설명변수의 변화의 정도를 비교·검토하였다.

모형상호간의 검토를 행한 결과, 기존 교통수단에 대한 모형(MODEL-1)에 있어서는 차내시간($t = -1.681$)보다 차외시간($t = -5.585$)이 수단선택에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 새로운 교통수단, 즉 지하철이 도입될 경우(MODEL-2)에는 차내시간($t = -7.105$)도 차외시간($t = -8.20$)과 비슷한 수준의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 대도시에 있어서 특히, 지하철이 운행되고 있지 않은 대구광역시의 경우 도로 혼잡에 따른 수단의 소요시간(차내시간)의 차이가 미미하므로 교통수단 이용자들은 수단자체의 소요시간인 차내시간의 영향보다는 수단에 대한 차외시간의 영향을 교통수단선택시 보다 큰 요인으로 생각하는 것을 의미하며, 반면, 선택대안에 고용량의 지하철이 포함되었을 경우 수단선택의 기준은 차외시간 및 차내시간 둘 다에 비중을 두고 있다는 흥미로운 결과를 얻었다.

또한 비용관련변수 및 개인특성변수의 경우는, 새로운 교통수단인 지하철이 도입될 경우(MODEL-2)가 MODEL-1에서보다 수단선택에 미치는 영향이 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는, 출근통행의 특성을 그대로 반영하는 것으로 판단된다.

또한, 양 모형에서 사용되어진 설명변수의 부호 및 t 값은 적합 타당하고, 모형전체의 적합도를 나타내는 ρ^2 값도 매우 높은 값을 나타내어, 대구광역시에 있어서 통근교통에 대한 개별행태모형의 적용가능성 및 특히 새로운 교통수단 도입에 따른 수단선택의 행동변화에 대한 예측에 있어서 SP data를 이용한 개별행태모형의 적용가능성이 입증되었다.

V. 結 論

본 연구는 통행자의 행태를 미시적으로 파악할 수 있는 개별행태모형중에서 로짓모형을 이용하여 대구광역시의 출근통행을 대상으로 교통수단선택모형을 개발하였다.

모형개발은 승용차, 버스, 택시의 다항로짓모형(MODEL-1), 승용차, 버스, 택시, 지하철의 다항로짓모형(MODEL-2)의 2종류로 구분하여 실시하였다. 현재 대구광역시는 지하철이 건설중에 있으므로 MODEL-2의 경우, 지하철 관련 자료는 설문조사에 의한 선호의식(SP)data를 이용하였다.

이상의 방법에 의하여 기존 사용되어지는 교통수단에 대한 모형(MODEL-1) 개발에서는 출근통행에 대한 개별행태모형의 적용가능성을 검토하였고, 새로운 교통수단도입에 따른 교통수단선택 행동변화 예측은 의식 자료를 이용한 승용차, 버스, 택시, 지하철의 다항로짓모형(MODEL-2)에서 적용가능성을 검토하였다.

모형의 파라메타 추정 결과, MODEL-1에 있어서는 차내시간 보다 차외시간이 수단선택에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 새로운 교통수단, 즉 지하철이 도입될 경우에는 차내시간도 차외시간과 비슷한 수준의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 지하철이 운행

되지 않을 경우, 도로 혼잡에 의해 승용차, 버스, 택시의 차내시간의 차이가 미미하므로 수단에 대한 차외시간 즉, 접근시간(access time) 및 목적지까지의 도착시간(egress time)의 영향을 차내시간보다 더 큰 요인으로 생각한다는 것을 의미하며, 반면, 선택대안에 고용량의 지하철이 포함되었을 경우 출근통행의 특성상 차외시간 및 차내시간 둘 다에 비중을 두고 있다는 흥미로운 결과를 얻었다.

전반적으로 설명변수의 부호 및 t 값은 적합 타당하고, 모형전체의 적합도를 나타내는 ρ^2 값 또한 MODEL-1이 0.45, MODEL-2가 0.31로 매우 높은 값을 나타내어, 대구광역시에 있어서 통근교통에 대한 개별행태모형의 적용가능성이 입증되었으며, 특히 새로운 교통수단 도입에 따른 수단선택의 행동변화에 대한 예측에 있어서 SP data를 이용한 개별행태모형의 적용가능성이 입증되었다. 그러나, 일부변수의 경우 t 값이 낮아서 부분적으로 통계적 유의성에 약간의 문제가 있으나, 이는 의식조사 data에 있어서, 선호의식(Stated Preference)이 실제의 행동과 어느 정도까지 일치하는가에 대한 회답의 신뢰성 문제로 생각되어지며, 향후 의식조사의 신뢰성을 고려한 분석방법에 대해 보다 세심한 검토를 행할 필요가 있다.

금후의 연구과제로서는 이하의 내용을 들 수 있다.

첫째, 본 연구는, 대구광역시에 있어서 통근교통에 대해, RP, SP data를 이용한 개별행태모형의 적용가능성을 검토한 것으로, 향후 시간 및 비용관련 parameter 값에 대한 탄력성 분석을 통해 모형에 대한 민감도 분석을 행할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 구축된 교통수단선택에 관한 개별행태모형의 타당성은 확인되었으나 보다 정도가 높은 추정 결과를 얻기 위해서는 설

명변수의 선택에 관해 보다 신중을 기할 필요성이 있으며, 의식조사의 신뢰성을 고려한 분석방법에 대한 보다 세심한 검토 및 연구가 필요하다.

셋째, 본 연구는 출근통행을 분석대상으로 하였는 바, 향후에는 타 목적통행에 대한 수단선택모형구축에 관한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) Adler, T. & Ben-Akiva, M. : "Joint-choice for frequency, Destination, and Travel Mode for Shopping Trips" Transportation Research Record, 596, pp. 136-150, 1976.
- 2) 屋井鐵雄 : 非集計行動モデルによる交通需要豫測手法, 東京工業大學學位論文, 1986.
- 3) Hamerslag, R. : "Investigation into Factors Affecting the Route Choice in "Rijnstreet-West" with the Aid of a Disaggregate Logit Model" Transportation, Vol. 10, pp. 373-392, 1981.
- 4) Ruiter, E. R. & Ben-Akiva, M. : "Disaggregate Travel Demand Models for the SanFrancisco Bay Area" Transportation Research Record 673, pp. 121-128, 1978.
- 5) Bae, Y. S. : A Study on the Development of the Disaggregate Model System for Predicting Travel Demand in Metropolitan Areas, Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Eng., Nagoya Univ., 1990.
- 6) 김경철 : 쇼핑통행의 목적지 및 교통수단 선택에 관한 연구, 서울대환경대학원 석사학위논문, 1988.
- 7) 이현구, 조중래 : 네스티드 로짓모형을 이용한 쇼핑통행의 형태분석에 관한 연구, 대한교통학회지 7권 1호, 1989.
- 8) 원재무 : 종로축출근통행에 대한 로짓모형의 적용, 대한교통학회지 2권 1호, 1984.
- 9) 박상섭 : 승용차보유자의 출근교통수단선택에 대한 행태적분석에 관한 연구, 서울대환경대학원 석사학위논문, 1986.
- 10) 오윤표(1990) : 지하철이용자의 전환수요예측을 위한 비집계행동Model의 구축에 관한 연구, 대한국토 도시계획학회지 25권 2호, 1990.
- 11) 금기정, 산천인, 신연식(1992) : SP Data에 의한 지방도시의 교통수단선택 요인 분석에 관한 연구, 대한교통학회지 10권 3호, 1992.
- 12) 杉惠頼寧, 藤原章正 : 選好意識データを用いた交通手段選擇モデルの有効性, 교통공학, Vol. 24, No. 5, 1989.
- 13) Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman : Discrete Choice Analysis : Theory and Application to Travel Demand, MIT press, 1985.
- 14) Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman : Travel Behavior, Theories, Models and Prediction Methods, in process for forthcoming publication, MIT Press, Chapter 4.
- 15) Domencich, T. A. and D. McFadden : Urban Travel Demand, A Behavioral Analysis, North-Holland, Chapter 5, 1975.
- 16) 김경식 : 비집계적 분석방법에 의한 교통수단선택모형 도출에 관한 연구, 계명대학교 대학원석사학위논문, 1994.
- 17) 김기혁 : 도시의 공간적, 사회적 요인에

- 다른 자전거 보유도 추정에 관한 연구,
대한교통학회지 12권 1호, 1994.
- 18) 배영석, 김대웅 : 개별로짓모형을 이용한
비취업자의 1일 통행행태에 관한 연구,
대한교통학회지 8권 1호, 1990.
- 19) 윤대식 : A Multinomial Logit Estimation
of Modal Choice in Urban Travel: Some
Empirical Evidence, 영남대학교 새마을
지역개발연구소, 새마을 지역개발 연구
13집, 1992.
- 20) Ben-Akiva, M., T. Morikawa and F.
Shiroishi : "Analysis of the Reliability of
Stated Preference Data in Estimating
Mode Choice Models" presented for
WCTR, yokohama, 1989.
- 21) Morikawa, T. : "Incorporating Stated
Preference Data in Travel Demand
Analysis" Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil
Eng., MIT, 1989.