

□ 論 文 □

통근통행자의 통행패턴 선택행태의 분석

Analysis of Urban Workers' Travel Pattern Choice Behavior

윤 대 식

(영남대학교 지역개발학과 부교수)

목 차

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| I. 연구의 배경 | 2. 설문조사대상인구의 사회경제적 특성 |
| II. 연구의 분석 틀 | 3. 통근통행자의 통행실태 분석 |
| 1. 용어의 정의 | IV. 경험적 모형의 추정 |
| 2. 분석모형 : 네스티드 로짓모형 | 1. 설명변수 |
| 3. 모형의 '나무가지 구조' | 2. 경험적 모형의 추정 |
| III. 자료 | V. 맺는 말 |
| 1. 자료의 수집 | 참고문헌 |

요 약

본 연구에서는 1일(24시간) 단위로 표현되는 통근통행자의 통행패턴을 분석하기 위해 가정과 직장 및 기타 목적지를 선택하여 이루어지는 하루 동안의 통행패턴을 유형화하여 이들 선택대안의 선택행태를 분석하였다. 이러한 연구목적에 충족시키기 위하여 본 연구에서는 경산시와 영천시에 직장을 가진 직장인(통근통행자)에 대하여 실시한 통행 설문조사자료를 이용하여 네스티드 로짓모형을 이용한 경험적 모형을 추정하고, 모형의 추정결과를 논의하였다.

본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴이 단일목적 혹은 다목적 통행의 선택을 높은 단계, tour의 수를 낮은 단계의 선택으로 하는 네스티드 로짓모형에 의해 표현된다고 가정하였다. 이렇게 표현된 네스티드 로짓모형의 경험적 추정결과로부터 본 연구에서 가설화된 네스티드 로짓모형구조의 타당성을 확인할 수 있었다. 아울러 모형의 경험적 추정결과는 개인의 행태적 측면을 적절히 반영하는 것으로 확인되었다.

I. 연구의 배경

도시교통수요에 관한 연구분야 가운데 비통근교통(non-work travel)수요에 대한 연구는 통근교통(work travel)수요에 대한 연구에 비해 최근까지 연구가 비교적 부진했던 것이 사실이다. 비통근교통수요에 대한 연구의 상대적 부진은 비통근교통이 가지는 통행목적의 다양성과 비통근통행자(non-work traveler)가 선택 가능한 교통대안의 다양성에 기인하는 것으로 보인다.

통근교통은 통행목적과 통행발생의 시간과 빈도(frequency)가 고정되어 있는데 비해 비통근교통은 통행발생의 시간과 빈도가 가변적이어서 비통근통행자가 선택 가능한 교통대안이 지극히 많다는 점이 비통근교통의 모형화를 제한하는 주요한 요인으로 작용하여 왔다. 예컨대 가정에서 출발하는 독립적인 비통근통행(home-based non-work trip)을 발생시키는 대신에 통근통행과 연계된 비통근통행(예: work-based non-work trip)을 발생시킬 수도 있을 것이다. 또 다른 예로 여러 번에 걸친 가정에서 출발하는 독립적인 비통근통행 대신에 여러 개의 통행 목적을 충족시키기 위해 다목적 통행(multi-purpose travel) 혹은 다목적지 통행(multi-destination travel)을 발생시키기도 할 것이다. 아울러 다양한 유형의 통행연계행태(trip-chaining behavior)를 나타내기도 할 것이다.

이처럼 비통근교통에 내재하는 다양한 가능성과 대안에 기인하는 모형화의 어려움에도 불구하고 현실적으로 도시교통에서 비통근교통의 비중은 계속 증가하여 왔다. 아울러 통근통행과 연계된 비통근통행(non-work trip)의 상대적 비중도 계속 증가하여 왔다. 이와 같은 교통현실과 이 분야에 관한 연구의 상대적 부진

을 고려하여 본 연구는 1일(24시간) 단위로 표현되는 통근통행자의 통행패턴(travel pattern)을 분석하고자 하였다.

본 연구에서 분석하고자 하는 통근통행자의 통행패턴은 최근에 교통수요분석에서 중요한 공헌을 하여 온 활동중심접근방법(activity-based approach)을 이용하여 분석하고자 한다. 활동중심접근방법은 교통발생을 유발하는 활동의 공간적, 시간적 제약의 맥락속에서 통행패턴을 분석하는 것으로 교통이 가지는 유발수요적 성격(derived demand nature)의 명확한 인식에 기초한다. 이 접근방법은 전통적인 교통수요분석의 4단계 과정보다 교통현상을 폭넓게 이해하려는 시도로 볼 수 있다. 전통적인 교통수요분석의 4단계 과정은 한 개인에 의해 만들어지는 각 통행(trip)은 다른 통행으로부터 분리되며, 따라서 독립적으로 분석될 수 있다는 기본가정을 전제로 하고 있다.

이러한 이유 때문에 전통적인 교통수요분석의 4단계 과정은 개인에 의해 만들어지는 통행들 사이의 상호관련성을 전혀 고려할 수 없으며, 따라서 일정한 시간적 범위내에서 만들어지는 개인의 통행패턴을 분석하지 못한다. 교통수요를 예측하고 계획적(혹은 정책적) 수단의 효과성을 평가하는 능력을 제고시키기 위해 활동중심접근방법을 활용해서 통행패턴과 이를 초래하는 요인들과의 관계를 확인하는 것이 중요하다.

Kitamura(1988)는 활동중심접근방법이 다루는 연구영역을 ①활동참여와 시간결정(activity participation and scheduling), ②통행에 관한 의사결정에 있어서의 상호작용(interaction in travel decisions), ③가구의 구조와 역할(household structure and roles), ④동태적 측면의 분석(dynamic aspects)의 4가지 영역으로 구분하였다. 이들 4가지 영역 가운데 본

연구는 두 번째 영역에 관심을 두고 진행되었다. 도시교통수요분석을 연구주제로 하는 대부분의 연구가 통행사슬(trip chains)에서 개별 통행고리(trip links)간의 상호의존성을 고려하지 못하는 한계를 가졌던 것이 사실이다. 이러한 기존연구의 한계를 고려하여 본 연구는 1일(24시간) 단위로 표현되는 통근통행자의 통행패턴을 분석하기 위해 가정과 직장 및 기타 목적지를 선택하여 이루어지는 하루의 통행을 유형화하여 이들 선택대안의 선택행태를 분석하였다.

물론 본 연구와 관련된 선행연구가 전혀 없는 것은 아니다. 본 연구와 관련된 선행연구로는 Horowitz(1978), Adler and Ben-Akiva(1979), Kitamura(1983, 1984), Southworth(1985), Thill and Thomas(1987), Yun(1990), 배영석(1996) 등의 연구가 있다. 그러나 이들 연구의 대부분은 1일(24시간) 단위의 통행패턴을 분석하기 보다는 통행연계행태(trip-chaining behavior)를 결정짓는 의사결정구조의 분석에 초점을 두고 있다. 따라서 이들 연구의 대부분은 개인의 통행(혹은 활동)에 관한 시간대별 혹은 날짜별 자료(historical data)를 이용해 통행의 동태적 측면을 주로 분석하였다. 또한 이들 선행연구들은 모두 외국의 자료를 이용한 경험적 분석을 시도하였다. 바로 이러한 점이 본 연구의 중요한 배경이 되었다.

본 연구는 통근통행자의 통행패턴을 분석하기 위해 확률효용이론(random utility theory)에 기초를 두고 개발된 네스티드 로짓모형(nested logit model)을 이용하였다. 본 연구에서는 경산시와 영천시에 직장을 가진 직장인(통근통행자)에 대하여 실시한 1일 통행 설문조사자료를 이용하여 먼저 통행실태 분석을 하고, 다음에 네스티드 로짓모형을 이용한 경험적 모형을 추정하고 그 결과를 논의하였다.

II. 연구의 분석 틀

1. 용어의 정의

본 연구에서 다루는 통행패턴의 분석을 위해서 본 연구에서 사용될 용어의 정의가 선행되어야 한다. 종종 다른 문헌들은 용어에 대한 다른 정의를 사용하기도 하므로 본 연구에서 사용하는 용어의 명확한 정의는 필수적으로 선행되어야 한다.

1) stop

stop은 활동의 가장 기본적인 단위로서 가정(home)으로부터 떨어진 한 장소의 방문으로 정의된다. 따라서 stop의 수는 가정을 제외한 통행목적지의 수가 된다.

2) trip

trip(통행)은 하나의 기점(origin)에서 하나의 종점(destination)으로 가는 1방향 이동(one direction movement)을 말한다.

3) tour

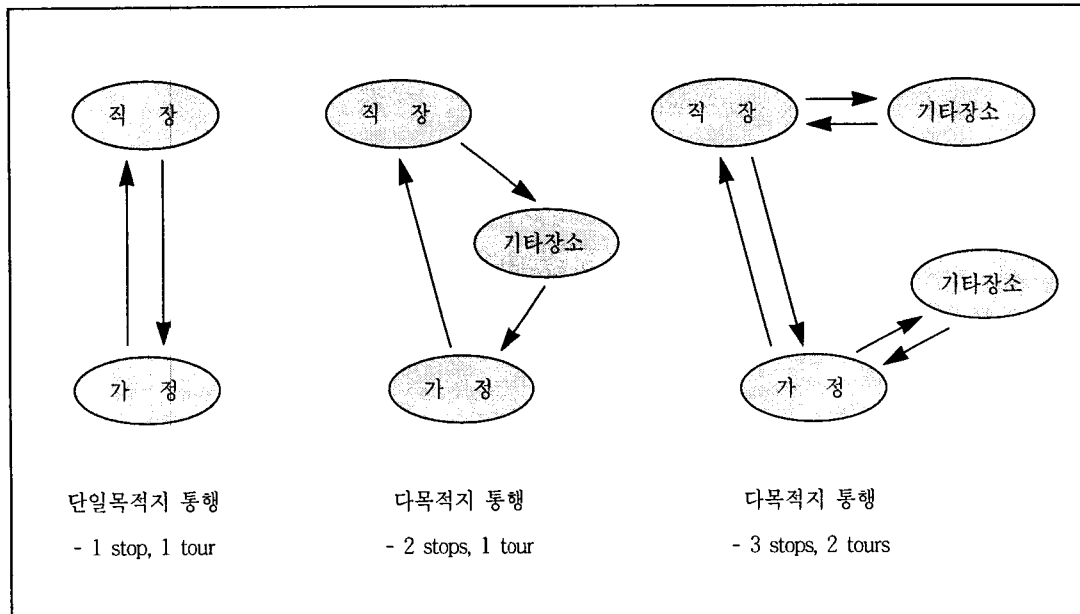
하루(24시간) 동안에 행하는 통행(trip)은 가정(home)에서 출발하여 가정으로 돌아오는 복수 개의 통행으로 이루어진다. 가정에서 출발하여 한 장소 이상을 방문하고 다시 가정으로 돌아오는 복수 개의 통행으로 이루어진 하나의 연속적인 통행고리(trip links: 종종 trip chain으로 불리기도 함)를 tour(혹은 home-based tour)로 정의한다. 본 연구에서는 하루(24시간) 단위의 통행을 계획함에 있어서 가정(home)은 항상 그 출발점이며 종착점이 된다는 가정하에 home-based tour만을 하나의 tour로 간주하였다.

4) 통행패턴(travel pattern)

통행패턴은 하루(24시간) 동안 개인 혹은 가구에 의하여 이루어진 tour 혹은 trip(통행)의 집합(set)을 의미한다. 통행은 기점과 종점을 가지며, 따라서 하루 동안에 행한 연속적인 복수개의 통행에 있어서는 다양한 기점과 종점을 가지게 된다. 통행패턴은 일반적으로 통행목적지의 수에 따라 단일목적지 통행과 다목적지 통행으로 구분할 수 있다. 통근통행자의 통행패

턴에서 단일목적지 통행은 출근통행과 퇴근통행으로 이루어진 경우이며, 다목적지 통행은 직장 이외에 다른 목적지 통행을 포함하는 통행패턴이 된다.

〈그림 1〉은 통근통행자의 통행패턴의 예를 보여준다. 본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴을 표현함에 있어서 stop수와 tour수를 주로 사용한다.



〈그림 1〉 통행패턴의 유형(예)

2. 분석모형 : 네스티드 로짓모형

본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴을 분석하기 위해 네스티드 로짓모형(nested logit model)을 이용하였다. 네스티드 로짓모형은 확률효용이론(random utility theory)을 기초로 개발되었다. 네스티드 로짓모형은 확률선택모형(probabilistic choice model)의 한 종류이며, 확률

선택모형은 개별의사결정주체들이 선택가능한 대안들 중에서 가장 바람직하고 매력적인 대안을 선택한다는 선택행위이론에 근거하고 있다.

대안의 매력은 대안의 특성함수(즉 효용함수)로 표현된다. 확률선택이론에 의하면 어떤 대안의 총효용(total utility)은 관측가능한 효용의 요소로 구성된 결정적 효용요소(deterministic utility)와 관측할 수 없는 효용요소인 확률적 효

용요소(random utility or stochastic utility)로 구분되며, 일반적으로 의사결정주체는 총효용이 가장 큰 대안을 선택하게 된다.

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \text{Prob}(U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n) \\ &= \text{Prob}(V_{in} + \epsilon_{in} \geq V_{jn} + \epsilon_{jn}, \forall j \in C_n) \\ &= \text{Prob}(V_{in} - V_{jn} \geq \epsilon_{jn} - \epsilon_{in}, \forall j \in C_n) \end{aligned} \quad (1)$$

단 $P_n(i)$ = 개인 n이 대안 i를 선택할 확률
 U_{in} = 개인 n을 위한 대안 i의 총효용
 V_{in} = 개인 n을 위한 대안 i의 결정적 효용요소
 ϵ_{in} = 개인 n을 위한 대안 i의 확률적 효용요소
 C_n = 개인 n이 선택할 수 있는 대안들의 조합(choice set)

식 (1)에서 어떤 대안의 총효용은 결정적 효용요소와 확률적 효용요소로 이루어져 있음을 볼 수 있다. 결정적 효용은 어떤 대안의 특성벡터와 어떤 대안을 선택하는 개인의 사회경제적 특성벡터로 구성된다. 한편 확률선택모형은 확률적 효용에 대한 확률분포의 구체적인 가정이 있어야만 모형의 적용을 통한 선택확률의 계산이 가능하다. 식 (1)에서 확률적 효용요소 $\epsilon_{in} - \epsilon_{jn}$ 이 generalized extreme-value(GEV) 분포를 가진 것으로 가정하게 되면 네스티드 로짓모형이 된다.

네스티드 로짓모형은 확률적 효용요소 $\epsilon_{in} - \epsilon_{jn}$ 이 Weibull 분포(종종 type-1-extreme-value 분포 혹은 Gumbel 분포라고 불리기도 함)임을 가정하는 표준로짓모형(standard logit model)이 가진 결점을 보완하기 위하여 개발되었다. 표준로짓모형은 IIA(Independence from Irrelevant Alternatives:비관련 대안으로부터의 독립성)이라고 하는 바람직스럽지 못한 성질을

가지고 있다. 네스티드 로짓모형은 바로 표준로짓모형이 갖는 IIA문제를 극복하기 위하여 개발되었다.

또한 표준로짓모형에서는 선택대안의 수가 많을 경우 분석자가 너무 많은 대안을 평가하는데 어려움이 많다는 제약점을 가진다. 즉 많은 대안들에 대한 자료를 수집하고 모형화를 시도하는 것은 현실적으로 극히 어려우며 이 경우 IIA성질이 문제가 될 가능성이 커지게 된다.

네스티드 로짓모형은 표준로짓모형의 일반화된 형태로 볼 수 있다. 네스티드 로짓모형구조의 기본착상은 하나의 선택측면이 다른 선택측면과 분리되어 결정될 수 있는 계층적 구조를 가진다고 가정하는 것이다. 비록 실제로는 선택을 위한 의사결정이 동시에 이루어진다고 하더라도 네스티드 로짓모형에서는 모형구조만을 단순히 계층화시켜 표현할 뿐이며 의사결정의 순서가 꼭 계층화되어 있음을 가정하는 것은 아니다. (윤대식, 윤성순, 1995, p.270)

네스티드 로짓의 선택확률은 한계선택확률(marginal choice probability)과 조건부선택확률(conditional choice probability)의 곱으로 표현된다. 2단계의 '나무가지 구조(tree structure)'에 의해 표현되는 네스티드 로짓모형에서 선택확률 $P_n(ij)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$P_n(ij) = P_n(j|i) \cdot P_n(i) \quad (2)$$

단 $P_n(j|i)$ = i가 결정된 상황에서 j가 선택될 조건부확률

$P_n(i)$ = i가 선택될 한계확률

여기서 선택된 j와 선택되지 않은 j에 관한 표본관측치의 자료를 이용하여 조건부확률함수 $P_n(j|i)$ 의 모수(parameters)를 추정한다. $P_n(j|i)$ 은 미지의 모수의 벡터 β 를 포함한다.

$$P_n(j|i) = e^{\beta X_{ij}} / \sum_{m=1}^n e^{\beta X_{im}} \quad (3)$$

단 X_{ij} = 대안 (i, j)를 위한 설명변수의 벡터

식 (3)에서 모수의 벡터 β 가 추정되고 나면 다음과 같이 각각의 i에 대하여 inclusive value I_i가 계산된다.

$$I_i = \log \sum_{m=1}^n e^{\beta X_{im}} \quad (4)$$

inclusive value(중중 logsum이라 불리기도 함) I_i는 어떤 하나의 주어진 대안 i에 속하는 대안 j의 최대효용의 기대값이다.

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

$$P_n(i) = e^{\alpha Y_i + (1-\sigma)I_i} / \sum_{k=1}^I e^{\alpha Y_k + (1-\sigma)I_k} \quad (5)$$

단 Y_i = 대안 i를 위한 설명변수의 벡터

식 (5)에서 설명변수들의 벡터 Y_i 의 모수 α 와 inclusive value I의 모수인 $(1-\sigma)$ 가 추정된다. $(1-\sigma)$ 는 하나의 '네스트(nest)'로 묶여 있는 대안들의 유사성(즉 대안간 상호대체성)의 정도를 나타내는데, 추정된 $(1-\sigma)$ 의 값이 0과 1 사이에 있어야 네스티드 로짓모형구조가 유효한 것으로 볼 수 있다. 한편 $(1-\sigma)$ 가 1이 되면 네스티드 로짓모형은 표준로짓모형과 같아지므로 구태여 네스티드 로짓모형을 사용할 타당성은 없다고 볼 수 있다. 즉 $(1-\sigma)$ 가 1과 같은 것으로 밝혀지면 단순히 표준로짓모형을 사용해도 문제가 없으며, 표준로짓모형을 사용한 추정계수값이 결코 편기된(biased) 추정치가 아님을 알 수 있다. (윤대식, 윤성순, 1995, p.280)

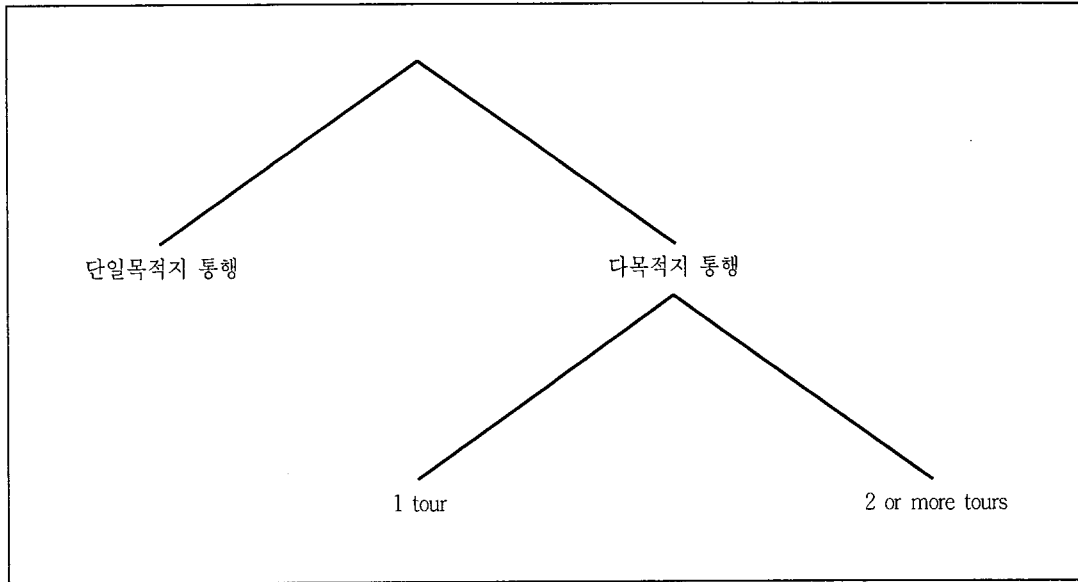
각 개인에 대한 대안의 선택확률이 관찰되지

않으므로 종속변수는 선택된 대안의 경우 1을, 그렇지 않은 대안의 경우 0의 값을 취하게 된다. 모형의 설명변수는 결정적 효용함수에 포함될 변수를 나타내며, 결정적 효용함수는 '모수에 대해 선형(linear in parameters)'이라는 가정 아래 추정된다.

3. 모형의 '나무가지 구조'

네스티드 로짓모형은 어떻게 대안들이 분류되고 계층화되는가에 따라 모형의 구조가 달라진다. 네스티드 로짓모형에서 어떤 '나무가지 구조(tree structure)'가 적절한지는 분석자의 직관적인 판단이나 사전지식에 부분적으로 의존하지만 모형의 '나무가지 구조'의 적절성 여부는 경험적 모형의 추정결과를 보고 논의가 가능하다.

본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴을 2단계 나무가지 구조에 의해 표현된다고 가정하였다. 본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴이 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택을 높은 단계, tour의 수를 낮은 단계의 선택으로 하는 네스티드 로짓모형에 의해 표현된다고 가정한다. 물론 이러한 2단계의 나무가지 구조에서 한 걸음 더 나아가 tour수 선택단계의 아래 단계에 stop수의 선택단계를 추가한 3단계 나무가지 구조를 가진 네스티드 로짓모형을 추정할 수도 있다. 그러나 3단계 나무가지 구조를 가진 네스티드 로짓모형의 추정을 위해서는 더 많은 관측치(observations)가 있어야 모형의 통계적 유의성이 확보될 수 있다는 점을 감안하여 본 연구에서는 2단계 나무가지 구조에 의해 표현되는 네스티드 로짓모형을 추정하고자 하였다. 2단계에 의해 표현되는 네스티드 로짓모형구조는 선택을 위한 조건부(conditionality)의 방향을 나타내는 것이며, 의사결정의 순서를 나타내는 것은 아니다. 본 연구에서 이용된 네스티드 로



〈그림 2〉 모형의 '나무가지 구조'

짓모형구조는 〈그림 2〉에 나타난 바와 같다.

III. 자료

1. 자료의 수집

본 연구는 1996년 4월 현재 경산시와 영천시 일대에 입주하고 있는 직장의 직장인 615명을 대상으로 실시된 1일 통행 실태조사자료 가운데서 자료의 신빙성에 문제가 있는 것으로 밝혀진 자료를 제외한 563명의 설문조사자료를 바탕으로

로 수행되었다. 조사된 설문문항은 가구의 특성(거주지, 총가족수, 5세 이상 가족수, 학생수, 취업자수, 운전면허소지자수, 차량보유현황, 가구당 월평균소득), 개인의 특성(성별, 나이, 직장소재지), 조사전일의 하루통행실태(모든 통행의 통행기점, 통행중점, 출발시간, 도착시간, 통행목적, 통행수단, 교통비) 등을 포함하였다.

2. 설문조사대상인구의 사회경제적 특성

설문조사대상 직장인의 성별 분포를 보면 남자가 458명이고 여자가 105명이었다. (〈표 1〉 참조)

〈표 1〉 설문조사대상 직장인의 성별 분포

(단위 : 명, %)

성 별	남	여	합 계
표본수	458 (81.3)	105 (18.7)	563 (100.0)

〈표 2〉는 설문조사대상 직장인의 연령별 분포를 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 설문조사대상 직장인은 30대(39.6%)와 40대

(34.6%)의 비중이 상대적으로 높다는 사실을 알 수 있다.

〈표 2〉 설문조사대상 직장인의 연령별 분포

(단위 : 명, %)

연령	30세 미만	30~39세	40~49세	50세 이상	합계
표본수	94 (16.7)	223 (39.6)	195 (34.6)	51 (9.0)	563 (100.0)

〈표 3〉은 설문조사대상 직장인의 가구당 승용차 보유대수별 분포를 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 설문조사대상 직장인 가운데 445명(79.0%)이 가구당 1대의 승용차를 보유하

고 있고, 72명(12.8%)이 1대의 승용차도 보유하지 않은 것으로 나타났다. 또한 46명(8.2%)이 가구당 2대 이상의 승용차를 보유하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 설문조사대상 직장인의 가구당 승용차 보유대수별 분포

(단위 : 명, %)

승용차 보유대수	0대	1대	2대 이상	합계
표본수	72 (12.8)	445 (79.0)	46 (8.2)	563 (100.0)

〈표 4〉는 설문조사대상 직장인의 가구당 월평균소득별 분포를 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 설문조사대상 직장인은 100만원

대(42.2%), 200만원대(23.3%), 300만원대(17.4%)의 순서대로 소득이 분포하고 있음을 볼 수 있다.

〈표 4〉 설문조사대상 직장인의 가구당 월평균소득별 분포

(단위 : 명, %)

소득	50만원 미만	50~100만원 미만	100~200만원 미만	200~300만원 미만	300~500만원 미만	500만원 이상	합계
표본수	2 (0.4)	84 (14.9)	238 (42.2)	131 (23.3)	98 (17.4)	10 (1.8)	563 (100.0)

3. 통근통행자의 통행실태 분석

본 연구에서는 통근통행자의 stop수와 tour 수로 나타낸 통행패턴을 유형별로 구분하고, 이들 구분된 통행패턴을 대안들의 조합(choice set)으로 하여 통행패턴의 선택행태를 분석하고자 하였다. 이러한 분석은 네스티드 로짓모형의 경험적 추정으로 가능하다. 그러나 모형의 경험적 추정을 위해서는 설명변수의 선택이 사전에 이루어져야 한다. 이러한 점을 고려하여 수집된 설문조사자료를 이용하여 통근통행자의 통행실태를 먼저 분석하였다. 통근통행자의 사회경제적 특성별 통행패턴(하루 동안

의 stop수와 tour수)의 분포를 살펴보면 다음과 같다.

〈표 5〉는 연령별 통행패턴을 나타낸다. 대체로 30대와 40대의 경우 stop수가 상대적으로 많은 것으로 나타나 활발한 사회활동을 하는 이들 연령계층이 다목적지 통행을 많이 하는 것으로 보인다. 한편 tour수의 경우 30대가 다소 많은 tour를 발생시키는 것으로 나타났으며, 나머지 연령계층은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이처럼 활발한 사회활동을 하는 연령계층이 상대적으로 많은 통행을 발생시키는 것으로 나타나 통행의 발생이 연령과 무관하지 않음을 알 수 있다.

〈표 5〉 연령별 통행패턴

(단위 : 명, %)

연령	stop수				tour수		합계
	1개	2개	3개	4개 이상	1개	2개 이상	
30세 미만	62 (66.0)	15 (16.0)	10 (10.6)	7 (7.4)	84 (89.4)	10 (10.6)	94 (100.0)
30-39세	102 (45.7)	49 (22.0)	49 (22.0)	23 (10.3)	194 (87.0)	29 (13.0)	223 (100.0)
40-49세	89 (45.6)	33 (16.9)	41 (21.0)	32 (16.4)	174 (89.2)	21 (10.8)	195 (100.0)
50세 이상	28 (54.9)	10 (19.6)	10 (19.6)	3 (5.9)	46 (90.2)	5 (9.8)	51 (100.0)
합계	281 (49.9)	107 (19.0)	110 (19.5)	65 (11.5)	498 (88.5)	65 (11.5)	563 (100.0)

〈표 6〉은 가구당 월평균소득별 통근통행자의 통행패턴을 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 가구소득과 통근통행자의 stop수 및 tour수의 관계는 일반적인 경향을 발견하기 어려운 것으로 나타났다.

〈표 7〉은 가족수별 통근통행자의 통행패턴을 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 2명 이하의 가

족을 가진 통근통행자에 비해 3명 이상의 가족을 가진 통근통행자가 대체로 다목적지 통행(stop)을 많이 발생시키는 것으로 나타났다. 한편 tour의 경우 5명 이상의 가족을 가진 통근통행자가 4명 이하의 가족을 가진 통근통행자에 비해 다소 많은 tour를 발생시키는 것으로 나타났다.

〈표 8〉은 가구당 승용차 보유대수별 통근통

〈표 6〉 가구당 월평균소득별 통행패턴

(단위 : 명, %)

소 득	stop수				tour수		합 계
	1개	2개	3개	4개 이상	1개	2개 이상	
50만원 미만	2 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (100.0)	0 (0.0)	2 (100.0)
50~100만원 미만	32 (38.1)	20 (23.8)	19 (22.6)	13 (15.5)	69 (82.1)	15 (17.9)	84 (100.0)
100~200만원 미만	124 (52.1)	38 (16.0)	50 (21.0)	26 (10.9)	215 (90.3)	23 (9.7)	238 (100.0)
200~300만원 미만	64 (48.9)	31 (23.7)	25 (19.1)	11 (8.4)	121 (92.4)	10 (7.6)	131 (100.0)
300~500만원 미만	53 (54.1)	16 (16.3)	15 (15.3)	14 (14.3)	84 (85.7)	14 (14.3)	98 (100.0)
500만원 이상	6 (60.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	1 (10.0)	7 (70.0)	3 (30.0)	10 (100.0)
합계	281 (49.9)	107 (19.0)	110 (19.5)	65 (11.5)	498 (88.5)	65 (11.5)	563 (100.0)

행자의 통행패턴을 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 가구당 승용차 보유대수가 많을수록 tour 수는 다소 줄어드는 것으로 나타났다. 가구의 승용차 보유대수가 많다는 것은 직장인을 제외

한 다른 가구원이 승용차를 이용하여 통행할 가능성을 크게 한다. 따라서 한 가구의 생활을 유지하기 위한 활동과 이를 위한 통행은 다른 가구원이 행할 수 있으므로 직장인의 tour수는

〈표 7〉 가족수별 통행패턴

(단위 : 명, %)

가 족 수	stop수				tour수		합 계
	1개	2개	3개	4개 이상	1개	2개 이상	
2명 이하	39 (72.2)	5 (9.3)	4 (7.4)	6 (11.1)	49 (90.7)	5 (9.3)	54 (100.0)
3명	40 (41.2)	24 (24.7)	22 (22.7)	11 (11.4)	84 (86.6)	13 (13.4)	97 (100.0)
4명	117 (48.3)	45 (18.6)	53 (21.9)	27 (11.2)	221 (91.3)	21 (8.7)	242 (100.0)
5명	65 (50.8)	24 (18.8)	24 (18.8)	15 (11.7)	108 (84.4)	20 (15.6)	128 (100.0)
6명 이상	20 (47.6)	9 (21.4)	7 (16.7)	6 (14.3)	36 (85.7)	6 (14.3)	42 (100.0)
합 계	281 (49.9)	107 (19.0)	110 (19.5)	65 (11.5)	498 (88.5)	65 (11.5)	563 (100.0)

줄어들 것으로 예상할 수 있다. 한편 stop수는 가구당 승용차 보유대수별로 의미 있는 경향을 발견하기 어려운 것으로 나타났다.

〈표 9〉는 통근통행자의 직주거리(시간)별 통행패턴을 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 통근통행자의 직주거리(시간)가 멀수록 단일목적지 통행(stop)을 많이 발생시키고, 직주거리(시간)가 가까울수록 상대적으로 다목적지 통행(stop)을 많이 발생시키는 것으로 나타났다. 직

주거리(시간)가 길다는 것은 출퇴근을 위하여 소비하는 이동시간이 길다는 것을 의미하며, 이것은 상대적으로 다른 사회활동을 위한 시간을 제한한다는 점에서 이해가 된다. 한편 tour수는 10분 미만의 직주거리(시간)를 가진 통근통행자의 경우 상대적으로 많은 tour를 발생시키는 것으로 나타났는데, 이는 직장과 주거가 인접해 있기 때문에 상대적으로 많은 home-based tour를 발생시키기 때문으로 보인다.

〈표 8〉 가구당 승용차 보유대수별 통행패턴

(단위 : 명, %)

승용차 보유대수	stop수				tour수		합 계
	1개	2개	3개	4개 이상	1개	2개 이상	
0대	41 (56.9)	8 (11.1)	14 (19.4)	9 (12.5)	62 (86.1)	10 (13.9)	72 (100.0)
1대	211 (47.4)	91 (20.4)	91 (20.4)	52 (11.7)	392 (88.1)	53 (11.9)	445 (100.0)
2대 이상	29 (63.0)	8 (17.4)	5 (10.9)	4 (8.7)	44 (95.7)	2 (0.4)	46 (100.0)
합 계	281 (49.9)	107 (19.0)	110 (19.5)	65 (11.5)	498 (88.5)	65 (11.5)	563 (100.0)

〈표 9〉 직주거리(시간)별 통행패턴

(단위 : 명, %)

직주거리 (시간)	stop수				tour수		합 계
	1개	2개	3개	4개 이상	1개	2개 이상	
10분 미만	10 (43.5)	3 (13.0)	6 (26.1)	4 (17.4)	18 (78.3)	5 (21.7)	23 (100.0)
10~30분 미만	131 (46.0)	62 (21.8)	59 (20.7)	33 (11.6)	258 (90.5)	27 (9.5)	285 (100.0)
30~60분 미만	97 (53.9)	30 (16.7)	31 (17.2)	22 (12.2)	157 (87.2)	23 (12.8)	180 (100.0)
60분 이상	43 (57.3)	12 (16.0)	14 (18.7)	6 (8.0)	65 (86.7)	10 (13.3)	75 (100.0)
합 계	281 (49.9)	107 (19.0)	110 (19.5)	65 (11.5)	498 (88.5)	65 (11.5)	563 (100.0)

N. 경험적 모형의 추정

1. 설명변수

네스티드 로짓모형을 포함한 모든 확률선택 모형의 기본가정은 교통대안들 사이의 비교는 효용함수(utility function)를 통해 가능하다는 것이다. 따라서 개인은 가장 큰 효용을 가져다 주는 통행패턴을 선택하게 된다. 통근통행자의 통행패턴 선택행태는 개인 및 가구 구성원들의 시간 제약과 교통수단의 획득가능성(availability) 등과 같은 제약조건 아래서 욕구의 최대 충족을 추구하는 것으로 나타난다. 그래서 Hoorn(1983)에 의해 지적된 바와 같이 모형은 개인 및 가구의 '욕구(needs)'와 '제약조건(constraints)'을 동시에 고려하여야 한다.

일반적으로 효용함수에 포함되는 설명변수들은 대안들의 특성을 나타내는 변수와 선택주체의 사회경제적 특성을 나타내는 변수의 두 가지 범주로 분류될 수 있다. 그러나 대부분의 경우에

있어서 통행패턴 대안들의 특성을 나타내는 변수들은 이론적으로 조작 존재하지 않는다. 예를 들면 본 연구를 위한 하나의 대안인 다목적지 통행의 바람직성(desirability)을 묘사할 수 있는 설명변수들은 획득이 불가능하다. 따라서 우리는 통근통행자의 통행패턴 대안들의 효용함수를 위해 개인의 사회경제적 특성변수들에 주로 의존하지 않을 수 없다. 이러한 이유 때문에 통근통행자의 통행패턴은 개인의 사회경제적 특성에 따라 변하는 각 개인의 '욕구(needs)'와 '기동성(mobility)'에 의해 결정되는 것으로 볼 수 있다.

〈표 10〉은 본 연구의 경험적 모형의 추정에 사용된 설명변수들을 나타낸다. 표에서 나열된 설명변수들은 통행을 위한 '욕구 즉 필요성(needs)'과 개인의 '기동성(mobility)'과 관련된 변수 등의 두 가지로 분류될 수 있다. 가족수, 소득, 연령은 통행을 위한 '욕구 즉 필요성(needs)'과 관련된 변수들이고, 승용차 보유대수, 직주거리(시간)는 개인의 '기동성(mobility)'과 관련된 변수들이다.

〈표 10〉 모형의 추정에 사용된 설명변수

변수명	구분	단위
승용차 보유대수	가구에서 보유하고 있는 승용차 보유대수	대
가족수	가구의 구성원수	명
소득	가구의 월평균소득	만원
연령	개인의 연령	세
직주거리(시간)	집에서 출발하여 직장에 도착하기까지 걸린 시간	분
터미상수	1	-

2. 경험적 모형의 추정

경험적 모형의 추정을 위해서는 최우추정법(maximum likelihood method)이 이용되었으며, 본 연구에서는 Greene(1986)에 의해 개발된

LIMDEP program을 이용하였다. 네스티드 로짓 모형의 추정은 '나무가지 구조'에서 낮은 단계의 네스트(nest)로부터 높은 단계의 네스트로 연속적인 추정과정(sequential estimation process)을 거친다는 점을 감안하여 먼저 모형

의 낮은 단계를 위한 추정결과를 살펴보고, 다음에 높은 단계의 추정결과를 살펴보기로 한다.

〈표 11〉은 모형의 낮은 단계, 즉 tour수 선택 모형의 추정결과를 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 모형의 추정에 사용된 모든 설명변수의 추정계수가 대체로 예상된 부호(expected sign)를 가지는 것으로 나타났으며, 또한 t-통계치의 값을 고려할 때 모든 설명변수가 통계적 유의성(statistical significance)이 있는 것으로 나타났다.

첫째, 가구내 승용차 보유대수가 많은 통근통행자일수록 1개의 tour를 발생시키는 경향이 큰 것으로 모형의 추정결과는 보여준다. 가구의 승용차 보유대수가 많다는 것은 가구의 다른 구성원들이 승용차를 이용하여 통행할 가능성을 크게 한다. 따라서 한 가구의 생활을 유지하기 위한 활동과 이를 위한 통행은 가구의 다른 구성원들이 행할 수 있으므로 직장인의 tour수는 줄어들 것이라는 우리의 직관적인 판단과 일치한다.

둘째, 가구소득이 높은 통근통행자일수록 더 많은 tour를 발생시키는 것으로 확인되었다. 이러한 모형의 경험적 추정결과는 가구소득이 많을수록 더 많은 활동(activity)수요가 있을 것이라는 우리의 직관적인 판단을 입증케 하는 것이다. 일반적으로 소득이 많은 통근통행자일수록 다양한 사회활동에 참여하는 경향이 크다는

사실로부터 고소득층이 저소득층에 비해 상대적으로 많은 tour를 발생시킬 것으로 쉽게 예상할 수 있다.

셋째, 연령이 높을수록 상대적으로 적은 수(1개)의 tour를 발생시키는 것으로 모형의 경험적 추정결과는 보여준다. 이러한 모형의 경험적 추정결과는 연령이 높을수록 출근이후의 직장업무를 포함한 모든 활동을 마치고 귀가하는 경향이 크다는 사실을 의미하며, 연령이 높을수록 귀가한 후에는 다시 통행을 발생시키는 경향이 상대적으로 작다는 사실을 의미한다.

넷째, 더미상수의 추정계수는 (-)의 부호를 가지고 t-통계치의 값이 통계적 유의성이 없음을 보여준다. 일반적으로 대안특유의 더미상수는 각 대안의 표현되지 않은(unspecified) 특성들이 개인의 의사결정에 미치는 영향을 파악하기 위해 사용된다.

한편 tour수 선택모형 전체의 적합도(the overall goodness of fit)를 나타내는 likelihood ratio index의 값은 0.50으로 계산되었다. 일반적으로 likelihood ratio index는 0.2와 0.4 사이의 값만 가지더라도 아주 좋은 적합도를 갖는 것으로 평가할 수 있음에 비추어 본다면 모형의 경험적 추정결과는 적합도의 측면에서 매우 우수한 것으로 볼 수 있다.

〈표 11〉 tour수 선택모형(조건부.모형) 추정결과

설명변수	추정계수	t-통계치
승용차 보유대수 (대안 1)	0.8331	1.899
소득 (대안 1)	-0.0042	-2.519
연령 (대안 1)	0.0561	2.073
더미상수 (대안 1)	-0.0197	-0.020
Likelihood ratio index	0.50	
Log likelihood at zero	-90.90	
Log likelihood at convergence	-180.91	

주 1) 대안 1:1 tour, 대안 2:2 or more tours

2) 모형의 추정계수는 괄호속에 나타낸 대안에 대한 추정치임.

〈표 12〉는 모형의 높은 단계, 즉 단일목적지 혹은 다목적지 통행 선택단계의 모형추정결과를 나타낸다. 이 단계에서는 2가지 모형이 추정되었다. 모형 1은 단일목적지 혹은 다목적지 통행 선택에 영향을 미칠 것으로 보이는 모든 설명변수를 포함한 것이며, 모형 2는 모형 1에서 t-통계치의 값이 가장 좋지 않은 연령변수를 삭제한 후 추정된 결과이다. 따라서 모형 2는 모형의 경험적 추정을 위한 이론적 고려와 함께 통계적으로 적절한 모형을 찾기 위한 경험적 고려(empirical consideration)가 동시에 이루어진 결과로 볼 수 있다. 표에서 보는 바와 같이 모형 2의 추정에 사용된 모든 설명변수의 추정계수가 대체로 예상된 부호(expected sign)를 가지는 것으로 나타났으나 모든 설명변수가 통계적 유의성(statistical significance)이 있는 것으로 나타나지는 않았다.

첫째, 가족수가 많은 통근통행자일수록 다목적지 통행을 하는 경향이 있다는 사실이 경험적으로 확인된다. 모형 2에서 보면 대안 1(단일목적지 통행)의 특유의 변수로 모형에 포함된 가족수가 (-)의 부호를 가지고 t-통계치의 값이 -1.713으로 유의수준 90%에서 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이처럼 가족수가 많을수록 다목적지 통행의 확률이 높아지는 것은 가족수가 많을수록 활동(activity)수요가 증가할 것이라는 일반의 직관적인 판단을 뒷받침하는 것이다.

둘째, 가구소득은 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택에 의미 있는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 〈표 12〉에서 보는 바와 같이 추정계수의 부호는 소득이 높을수록 단일목적지 통행을 선택하는 경향이 있음을 보여주나 소득변수의 t-통계치의 값이 다소 낮아 통계적 유의성이 별로 없는 것으로 나타났다. 한편 앞서 살펴본 tour수 선택단계에서는 가구소득이

높은 통근통행자일수록 더 많은 tour를 발생시키는 것으로 확인되었는데, 이러한 추정결과에 비추어 보면 가구소득이 높은 통근통행자는 가구소득이 낮은 통근통행자에 비해 많은 목적지를 방문하지는 않지만 home-based tour를 많이 발생시키는 것으로 확인된다. 따라서 가구소득이 높은 통근통행자는 가구소득이 낮은 통근통행자에 비해 상대적으로 많은 가정기반 통행(home-based trip)을 발생시키는 반면에 가구소득이 낮은 통근통행자의 경우 통행연계행태(trip-chaining behavior)의 가능성을 보여준다.

셋째, 통근통행자의 연령은 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택에 의미 있는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 한편 앞서 살펴본 tour수 선택모형(조건부 모형)에서는 연령이 높을수록 상대적으로 적은 수(1개)의 tour를 발생시키는 것으로 확인되었다. 따라서 통근통행자의 연령은 tour수에는 영향을 미치지 않지만 stop수에는 의미 있는 영향을 미치지 않는 것으로 요약될 수 있다.

넷째, 통근통행자의 직주거리(시간)가 멀수록 단일목적지 통행(stop)을 많이 발생시키고, 직주거리(시간)가 가까울수록 상대적으로 다목적지 통행(stop)을 많이 발생시키는 것으로 모형의 경험적 추정결과는 보여준다. 이러한 경험적 추정결과는 직주거리(시간)가 길수록 집과 직장만을 오가는 통근통행만을 발생시키는 경향이 크고, 직주거리(시간)가 짧을수록 비통근통행(non-work trip) 발생의 가능성을 크게 한다는 사실을 함축적으로 의미하는 것이어서 흥미롭다.

다섯째, 더미상수의 추정계수는 (+)의 부호를 가지고 t-통계치의 값이 통계적 유의성이 없음을 보여준다. 일반적으로 대안특유의 더미상수는 각 대안의 표현되지 않은(unspecified) 특성들이 개인의 의사결정에 미치는 영향을 파악하기 위해 사용된다.

여섯째, inclusive value의 계수값은 모형 2의 경우 0.2474의 값을 가지고 t-통계치의 값이 2.379로 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다. inclusive value의 계수값은 0과 1 사이의 값을 가지면 네스티드 로짓모형의 구조가 유효한 것으로 볼 수 있다. 일반적으로 네스티드 로짓모형에서 계산된 inclusive value의 계수값이 1과 충분히 다른 0과 1 사이의 값을 가지면 표준로짓모형(standard logit model)이 가진 IIA (Independence from Irrelevant Alternatives: 비관련 대안으로부터의 독립성) 성질이 문제가 되어 네스티드 로짓모형을 사용하지 않고 표준로짓모형을 사용할 경우 편기된(biased) 추정계수 값을 가지는 것으로 판단할 수 있다. 반면에 inclusive value의 계수값이 1과 같은 것으로 밝

혀지면 네스티드 로짓모형은 표준로짓모형과 같아지므로 구태여 네스티드 로짓모형을 사용할 타당성이 없다고 볼 수 있다. 따라서 경험적 추정결과는 본 연구에서 가설화된 네스티드 로짓모형구조의 타당성을 입증케 한다.

한편 모형 전체의 적합도(the overall goodness of fit)를 나타내는 likelihood ratio index의 값은 0.03으로 계산되었다. 일반적으로 likelihood ratio index는 0.2와 0.4 사이의 값만 가지더라도 아주 좋은 적합도를 갖는 것으로 평가할 수 있다. 그러나 네스티드 로짓모형에서는 각 계층(단계)을 위한 likelihood ratio index의 값은 표준로짓모형의 경우보다 작은 값을 가지며, 이러한 경향은 계층(단계)의 수가 많을 경우에 더욱 커진다. (윤대식, 윤성순, 1995, p.280)

<표 12> 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택모형(한계모형) 추정결과

설명변수	모형 1	모형 2
가족 수 (대안 1)	-0.1201(-1.505)	-0.1338(-1.713)
소득 (대안 1)	0.0011(1.362)	0.0010(1.235)
연령 (대안 1)	-0.0098(-0.840)	-
직주거리 (대안 1)	0.0153(3.232)	0.0153(3.235)
더미상수 (대안 1)	0.3837(0.789)	0.1059(0.298)
inclusive value	0.2328(2.210)	0.2474(2.379)
Likelihood ratio index	0.03	0.03
Log likelihood at zero	-357.56	-357.56
Log likelihood at convergence	-369.45	-369.45

- 주 1) 대안 1: 단일목적지 통행, 대안 2: 다목적지 통행
- 2) 모형의 추정계수는 괄호속에 나타난 대안에 대한 추정치임.
- 3) 괄호안의 값은 t-통계치임.

V. 맺는 말

본 연구에서는 비통근교통수요에 대한 연구의 상대적 부진을 감안하여 1일(24시간) 단위로 표현되는 통근통행자의 통행패턴을 분석하기

위해 가정과 직장 및 기타 목적지를 선택하여 이루어지는 하루의 통행을 유형화하여 이들 선택대안의 선택행태를 분석하였다. 이러한 연구 목적을 충족시키기 위하여 본 연구에서는 경산시와 영천시에 직장을 가진 직장인(통근통행

자)에 대하여 실시한 통행 설문조사자료를 이용하여 먼저 통행실태 분석을 하고, 다음에 네스티드 로짓모형을 이용한 경험적 모형을 추정하였다. 아울러 경험적 모형의 추정결과를 바탕으로 의미 있는 결과들을 논의하였다.

본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴을 2단계 '나무가지 구조'에 의해 표현된다고 가정하였다. 본 연구에서는 통근통행자의 통행패턴이 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택을 높은 단계, tour의 수를 낮은 단계의 선택으로 하는 네스티드 로짓모형에 의해 표현된다고 가정하였다. 이러한 '나무가지 구조'에 의해 표현된 네스티드 로짓모형의 경험적 추정결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 가구내 승용차 보유대수가 많은 통근통행자일수록 여러 개의 tour 대신에 1개의 tour를 발생시키는 경향이 큰 것으로 밝혀졌다. 이러한 분석결과는 가구내 승용차 보유대수가 많을수록 가구내 다른 구성원의 기동성(mobility)이 높아지며, 따라서 통근통행자의 tour 발생은 줄어들 것이라는 사실을 입증케 한다.

둘째, 가구소득이 높은 통근통행자일수록 더 많은 tour를 발생시키는 것으로 확인되었다.

셋째, 연령이 높을수록 상대적으로 적은 수(1개)의 tour를 발생시키는 것으로 확인되었다.

넷째, 가족수가 많은 통근통행자일수록 단일목적지 통행보다는 다목적지 통행을 하는 경향이 있다는 사실이 확인되었다.

다섯째, 가구소득은 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택에 의미 있는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

여섯째, 통근통행자의 연령은 단일목적지 혹은 다목적지 통행의 선택에 의미 있는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

일곱째, 통근통행자의 직주거리(시간)가 멀수록 단일목적지 통행(stop)을 많이 발생시키고,

직주거리(시간)가 가까울수록 상대적으로 다목적지 통행(stop)을 많이 발생시키는 것으로 확인되었다.

여덟째, inclusive value의 추정계수값으로 판단할 때 본 연구에서 가설화된 네스티드 로짓모형구조의 타당성을 확인할 수 있으며, 표준로짓모형(standard logit model)을 사용할 경우 편기된(biased) 추정계수값을 가질 것으로 판단할 수 있었다.

한편 본 연구와 관련된 향후 연구과제를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 1일(24시간) 단위로 표현되는 통근통행자의 통행패턴을 본 연구에서 정의된 통행패턴 대안보다 더욱 구체적으로 분류하여 이들 대안의 선택행태를 분석하는 작업이 요망된다. 예컨대 home-based tour뿐만 아니라 work-based non-work trip도 함께 고려할 수 있는 모형의 추정도 가능할 것이며, 본 연구에서 다룬 stop과 tour의 수(數)외에 scheduling choice도 모형화에 포함시킬 수 있을 것이다.

둘째, 1일(24시간) 단위로 표현되는 통행패턴에 대한 정교한 분석이 전통적인 교통수요분석의 4단계 과정에 어떻게 접목되어 교통계획과정에 유용하게 활용될 수 있을 것인가에 대한 연구가 요망된다. 이러한 연구는 전반적으로 교통계획과정에서 활동중심접근방법(activity-based approach)의 실용화에 기여를 할 것으로 기대된다.

마지막으로, 1일(24시간) 단위로 표현되는 통행패턴 분석에서 한 걸음 더 나아가서 주간 사이클(weekly cycle) 등 더 긴 시간 단위로 활동 및 통행패턴을 분석하는 것이 비통근교통(non-work travel)수요의 분석에 유용한 기여를 할 것으로 기대된다. 특히 비통근교통수요는 요일별로 상호의존성을 가진다는 점을 감안하여 통행의 요일별 상호의존성을 고려할 수 있는 경

협적 모형의 개발이 요망된다.

참고문헌

- 1) 배영석(1996), “개별행태모형을 이용한 통근 인구의 교통행동분석에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제14권 제4호, pp.31~48.
- 2) 윤대식(1991), “쇼핑 교통/활동패턴의 요일별 모형”, 지역연구, 제7권 제1호, 한국지역학회, pp.53~68.
- 3) 윤대식, 윤성순(1995), 도시모형론, 서울 : 홍문사.
- 4) Adler, T. and M. Ben-Akiva(1979), “A Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behavior”, *Transportation Research-B*, Vol. 13B, pp.243~257.
- 5) Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman(1985), *Discrete Choice Analysis*, Cambridge : The MIT Press.
- 6) Greene, W. H.(1986), *LIMDEP User's Manual*, New York.
- 7) Hoon, T. V. D.(1983), “Development of an Activity Model using a One-Week Activity-Diary Data Base”, In *Recent Advances in Travel Demand Analysis*, S. Carpenter and P. Jones, eds., England : Gower Publishing Co., pp.335~349.
- 8) Horowitz, J.(1978), “Disaggregate Demand Model for Nonwork Travel”, *Transportation Research Record* 673, pp.65~71.
- 9) Kitamura, R.(1983), “Sequential, History-Dependent Approach to Trip-Chaining Behavior”, *Transportation Research Record* 944, pp.13~22.
- 10) Kitamura, R.(1984), “Incorporating Trip Chaining into Analysis of Destination Choice”, *Transportation Research-B*, Vol. 18B, No. 1, pp.67~81.
- 11) Kitamura, R.(1988), “An Evaluation of Activity-Based Travel Analysis”, *Transportation* 15, pp.9~34.
- 12) Southworth, F.(1985), “Multi-Destination, Multi-Purpose Trip Chaining and Its Implications for Locational Accessibility : A Simulation Approach”, *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 57, pp.107~123.
- 13) Thill, Jean-Claude and I. Thomas(1987), “Toward Conceptualizing Trip-Chaining Behavior : A Review”, *Geographical Analysis*, Vol. 19, No. 1, pp.1~17.
- 14) Yun, Dae-Sic(1990), *Modeling the Day-of-the-Week Shopping Travel/Activity Patterns*, Ph. D. Dissertation, Department of City and Regional Planning, The Ohio State University.
- 15) Yun, Dae-Sic(1997), “Modeling the Day-of-the-week Shopping Activity and Travel Patterns”, *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 31, No. 4, pp.307~319.