

■ 論 文 ■

선호의식 Panel Data를 이용한 동적 경로선택 행동분석

Behavioral Analysis of Dynamic Route Choice with Stated Preference Panel Data

성수련

(서남대학교 토목공학과 전임강사)

남궁문

(원광대학교 건축·도시·토목환경공학부 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 동향
 - II. Panel분석 및 LISREL모델의 개략
 - 1. Panel 분석 이론
 - 2. 구조방정식과 경로도형
 - III. 조사개요
 - 1. 경로 주행조사
 - 2. 선호의식 조사
 - IV. 선호의식 동적 경로선택 행동
 - 1. 여행시간정보 제공 전·후의 경로선택 행동
 - 2. 시차변수를 이용한 다항 Logit 모델
 - 3. 선호의식 데이터에 의한 LISREL 모델
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

요 약

본 연구에서는 운전자의 동적 경로선택 행동은 현재의 교통환경 조건뿐만 아니라 과거의 교통환경 및 행동이 현재와 미래에 영향을 미친다는 가정 하에 전주시에 제공될 교통정보를 가상으로 설정하여 선호의식 조사방법에 의해 동일 개인 운전자에게 다시점 반복조사를 실시하였으며, 구조방정식 모델을 구축하여 분석하였다.

그 결과 여행시간정보 변수의 추정계수 및 t 통계 값이 크게 나타나 경로선택에 큰 영향을 미침을 알 수 있었으며, 도심을 관통하는 기린로는 경로선택에 부정적인 반면 도심의 우회도로의 성격을 지닌 천변로는 경로선택에 긍정적으로 나타남을 알 수 있었다.

구축된 모델에서 가장 적합도가 높은 모델은 상태의존과 계열상관의 개념을 모두 적용한 모델로 나타나 동적 모델의 적용 타당성이 보여짐을 알 수 있었으며, 계열상관과 상태의존 추정계수 값을 보면 시간간격이 길수록 추정계수 값이 작게 나타나고 있어 계열상관과 상태의존은 시간간격에 반비례함을 알 수 있었다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

개인의 행동을 시간에 따라 복수시점으로 이동하여 추적하는 조사를 Panel조사라 부르며, Panel조사 데이터를 이용한 동적 분석이 구미를 중심으로 성행하고 있다. 동적 분석은 종래의 cross section 모델의 개량과 교통행동의 분석이라는 2가지 측면에서 상당히 유효한 접근방법이다. 그 큰 특징은 동적 분석의 초점이 종래의 cross section 분석에서는 「상태의 차이」를 분석하고 있는 것에 대하여 「상태의 변화」로 이행하고 있다는 점이다. 여행시간정보 등이 변화할 때의 경로선택의 변화예측은 1시점의 교통환경의 차이에 기초한 cross section 분석보다 여행시간정보의 변화에 대하여 경로선택 행동의 변화가 동적인 것이라는 점을 생각할 때 실제의 교통환경 등의 변화에 기초한 동적 분석이 유효하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 구미에서 연구되어온 몇 가지 교통행동의 동적 분석수법을 경로선택의 선호의식(이하 SP)에 적용하고, 그 시간적인 변화의 구조를 명확하게 하고자 한다. 또한, LISREL모형을 이용하여 종래의 cross section 모델을 개량한 동적 모델을 구축하여 모델의 유효성을 검토한다. SP기법은 현존하지 않는 교통정보 제공시의 경로선택을 예측하는데 유효한 수법이라 알려져 있는데 이때 과거의 SP가 어느 정도 현재의 SP에 영향을 미친다고 생각된다. 이러한 동적 경로선택 모델에 의한 교통정보 제공시 실제 경로선택(이하 RP)을 얼마나 잘 설명하고 있는가를 아는 것은 교통계획상 중요하고, 그러한 의미에 있어서 SP의 panel data를 이용한 동적인 견지에서 연구는 의의가 있다고 생각되어진다.

이에 본 연구에서는 전주시에 제공될 교통정보를 가상으로 설정하여 조사한 선호의식 데이터를 바탕으로 교통수요분석을 실시함에 있어 운전자의 경로선택 행동은 현재의 교통환경 조건뿐만 아니라 과거의 환경 및 행동 등이 현재와 미래에 영향을 미친다는 가정 하에 동일 개인에게 다시점 반복 조사(panel 조사)를 실시하여 대상도로의 주행실태조사, 교통정보에 따른 교통행동의 선호의식조사(SP 조사), 여행시간 정보제공 전후의 경로선택 행동분석, 시차변수를 이용한 다항 Logit 모델 구축, LISREL을 이용한 2

시점 모델 구축, 계열상관과 상태의존을 적용한 LISREL 모델의 타당성 검토, LISREL을 이용한 종합모델 구축 및 적합성 검토의 순서로 분석하였다.

2. 연구의 동향

1) 동적 분석에 관한 연구

구미에서는 다양한 각도에서 교통행동의 동적 분석을 실시하고 있으며, 종래의 cross section 분석이 실제의 mobility의 변화를 잘 설명할 수 없다는 것을 알 수 있다(Kitamura, 1990). Hensher(1989/1990), Meurs(1990)는 오차항의 계열상관과 상태의존을 고려한 동적 모델을 구축하였으며, Kitamura (1987, 1990)는 자동차 보유형태에 대하여 probit 모델을 이용하여 상태의존과 계열상관을 고려한 모델을 구축하였고, 또한 공공교통이용, 자동차 이용 및 자동차 보유형태의 인과분석을 하고 있다. 이러한 연구는 wave 간격을 1년 혹은 반년으로 하고, 조사가 전체 3년에서 5년 계속하여 실시되는 panel data를 기초로 이루어진 것이다(Hoorn, 1989).

또 wave 간격이 짧은 단기의 교통정책의 영향을 분석한 예로서는 Giuliano & Golob(1990)가 호놀룰루의 다운타운에 있어서 시차출근 도입의 impact 측정에 panel data가 유효하다는 것을 보였으며, Chang & Mahamassani(1989)는 통근행동의 시간적인 추이를 분석하고 있다.

일본에 있어서는 교통시설 정비에 따른 교통수단 선택의 변화에 관한 연구가 보여지며(河上, 1983), 鈴木(1990)은 千葉都市 mono-rail 관통 영향조사를 사전과 사후에 실시하여 사전이용 교통수단이 사후의 교통수단 선택에 대해 큰 영향을 미치고 있다는 것을 보였다.

Panel data는 오차의 계열상관 및 상태의존의 성질로부터 모델 추계에 복잡한 수법이 필요하게 된다. 兵藤(1988)은 모델의 구조변화를 전제로 한 수요추계 방법에 대하여 연구하여 Daganzo(1982)의 Probit Model을 전제로 한 시계열 모델을 Logit Model로 확장하였다. 柏谷(1986)은 GLS(일반화 최소제곱법)에 의해 발생집중교통의 오차 분산공분산 행렬에 시간적인 상관을 가정하여 계열상관의 유효성을 표시하였다. 또 森川(1991)은 SP(교통기관의 선호의식)모델과 RP(실제의 교통기관선택)모델의 오차항에 계열상관을 가정한 모델을 제안했다.

2) LISREL에 관한 연구

LISREL이란 구조방정식과 측정방정식으로 구성된 인자분석이 발전한 통계접근이고, 사회학이나 심리학의 분야에서 정책결정 등에 유효한 모델로서 이용되어 왔다(狩野, 1990). 교통수요분석에서의 이러한 모델의 적용에 대해서는 Morikawa(1989)가 LISREL을 이용하여 교통기관의 신뢰성 등을 잠재변수로 치환하고 이것을 설명변수로 하여 Logit Model에 의해 계수를 추정하여 양호한 결과를 얻고있다. 또 Golob(1988)는 교통기관분담의 시간적인 인과관계를 분석하였다. 또 梶井(1989)은 주차장 선택의 의사결정 모델에 LISREL을 이용하고 개인의 사회경제속성을 가치관으로, 주차장에 대한 의식 데이터를 인식치로, 이용빈도를 태도로 각각 변환하고, 변환된 잠재변수간의 관계를 명확하게 하고있다. 梶井(1989, 1991)은 같은 방법에 의해 주차문제 외에 상업지선택, 헬리콥터 수요분석, 주공간 가치를 이용한 주택판매에 대한 연구도 실시하고 있다. 또 森川(1991)은 LISREL과 Logit Model의 동시추계를 실시하여 관광지 선택에 이것을 적용하고 있다.

II. Panel분석 및 LISREL모델의 개략

1. Panel 분석 이론

Panel 분석은 점에서 선, 선에서 면으로 분석의 대상을 확장하기 위해서 종래의 방법에 추가하여 새로운 수법이 도입되고 있다. Panel 데이터 분석에 특히 유효한 분석 방법으로서 채택되어져 있는 것은 대수선형 모델, 마르코프모델, LISREL, 인과 분석, path해석 등이 있다.

1) 상태의존 모델

개인의 상태 X 가 $X(t)$ 에서 변화하지 않을 때, 개인의 교통행동 $Y(t)$ 는 균형 상태에 이른다. 이때 균형 상태 Y^* 는

$$Y^* = \alpha X(t) \tag{1}$$

로 되고, 여기에서 α 는 계수 벡터를 나타낸다.

이때 행동 적응의 실제 교통행동 $Y(t-1)$ 와 균형

상태 Y^* 의 차이는 시간 t 까지의 교통행동의 변화량 $(1-\beta)$ 에 비례한다.

$$\begin{aligned} Y(t) &= (1-\beta)(Y^* - Y(t-1)) + Y(t-1) + \epsilon(t) \\ &= \beta Y(t-1) + (1-\beta)\alpha X(t) + \epsilon(t) \end{aligned} \tag{2}$$

이것이 상태의존 모델이다. 여기서 우변 제 1항은 장기 효용을 나타내고, 제 2항은 단기 효용을 나타내고 있다.

2) 계열상관 모델

식(2)는 전체적으로 다른 개념으로서 계열 상관 모델이라 불리는 모델로 오차항 ϵ 에 주목한 접근법이다.

$$\epsilon(i, t) = \mu(i) + \nu(t) + \omega(i, t) \tag{3}$$

여기서 우변 제 1항은 개인의 특정 효용이고, 제 2항은 시간의 특정 효용항이며, 제 3항은 확률오차항이다. 오차항은 모델식에 의해 표현할 수 없다고 생각할 때, 위와 같은 구성을 생각하는 것은 타당할 것이다. 동적 모델에서는 이러한 개념을 채택하여 오차항이 식(3)으로 나타내어질 때, 시간적으로 안정된 $\mu(i)$ 에 의해서 식(4)를 가정한다.

$$\epsilon(i, t) = \gamma \epsilon(i, t-1) + \mu \tag{4}$$

여기서는 t 시점과 $t-1$ 시점의 오차항에 시간적인 상관을 가정할 때 γ 는 오차항에 대한 상관의 정도를 표현한 계수이다. 식(4)가 가정되어지고 Y 가 연속변량일 때, t 시점과 $t-1$ 시점 모델을 아래와 같이 가정할 수 있다.

$$Y(i, t-1) = \beta X(i, t-1) + \epsilon(i, t-1) \tag{5}$$

$$Y(i, t) = \beta X(i, t) + \epsilon(i, t) \tag{6}$$

식(5)를 다시 정리하면

$$\epsilon(i, t-1) = Y(i, t-1) - \beta X(i, t-1) \tag{7}$$

이고, 이것을 식(4)에 대입하면

$$\varepsilon(i, t) = \gamma(Y(i, t-1) - \beta X(i, t-1)) + \mu \quad (8)$$

로 되며, 이것을 식(6)에 대입하면 다음과 같이 변환된다.

$$Y(i, t) = \gamma Y(i, t-1) - \gamma \beta X(i, t-1) + \beta X(i, t) + \mu \quad (9)$$

식(9)에서 표현되는 모델을 계열상관 모델이라 불러지고 있으며, 동적 모델의 유효한 모델로서 개발되고 있다.

2. 구조방정식과 경로도형

일반적인 구조방정식의 전체 모델은 식(10), 식(11) 및 식(12)로 나타낼 수 있다.

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (10)$$

여기서 η 는 잠재내생변수 벡터, ξ 는 잠재외생변수 벡터이다. B , Γ 는 계수 matrix, ζ 는 random 오차를 표시하는 벡터이다. η 와 ξ 는 실제로 관측되지 않는 변수이고, 관측되는 변수 벡터 y 와 x 에 의해서 다음 식으로 표시된다.

$$y = A_y \eta + \varepsilon \quad (11)$$

$$x = A_x \xi + \delta \quad (12)$$

여기서 A_y 와 A_x 는 계수 벡터, ε 과 δ 는 오차 항이다. 이 방정식은 관측되는 변수와 관측되지 않는 잠재변수를 관계짓는 다변량 회귀식이다. 이상 하나의 구조방정식과 2개의 측정방정식에 의해서 구조방정식의 전체 모델이 표시된다.

특히, 구조방정식 모델을 논하기 위해서 경로 도형을 이용하는 것이 유효하다. 경로 도형이 모델의 기본적인 개념을 유효하게 전하기 때문이다. 본 연구에 사용되어진 방정식을 표시하면 식(13)~식(15)로 나타낼 수 있고, <그림 1>에 방정식이 표시된 바의 경로 도형을 나타냈다.

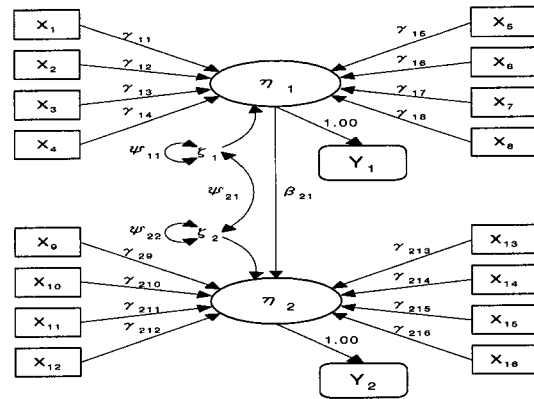
$$\begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \beta_{21} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{11} \cdots \gamma_{18} & 0 \cdots 0 \\ 0 \cdots 0 & \gamma_{29} \cdots \gamma_{216} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_{16} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{11} & 0 \\ \psi_{21} & \psi_{22} \end{pmatrix} \quad (15)$$

<그림 1>의 경로 도형에서 $X_1 \sim X_3$ 는 wave 1의 여행시간정보 변수이고, X_4 는 wave 1의 지체정보 변수이며, $X_5 \sim X_8$ 은 wave 1의 개인속성 변수이다. 그리고 $X_9 \sim X_{11}$ 은 wave 2의 여행시간정보 변수이고, X_{12} 는 wave 2의 지체정보 변수이며, $X_{13} \sim X_{16}$ 은 wave 2의 개인속성 변수라는 실제의 관측변수를 나타내고 있다. Wave 1의 관측데이터에 기초할 때 wave 2에 대한 관측데이터의 경로선택 선호는 시간적으로 얼마간의 인과관계가 있다고 추측되어지는데 이것이 β 이다. 같은 방법으로 나타내면 오차항에도 시간적인 상관이 생각되어지기 때문에 이것을 Ψ 로 표현하였다.

LISREL에서 구조방정식 모델이 전반적으로 주어진 자료에 잘 맞는지를 나타내 주는 적합지수들은 여러 가지가 있다. 그 중 널리 사용되는 적합지수를 <표 1>에 요약하였다.



<그림 1> 가정 모델에 대한 경로 도형

〈표 1〉 LISREL의 적합지수

| 적합지수 | 나쁜 모델 | 좋은 모델 |
|-------------------------------------------------|---------|-------|
| 기초적합지수 (GFI) Goodness of Fit Index | 0 | 1 |
| 조정적합지수 (AGFI) Adjusted Goodness of Fit Index | 0 | 1 |
| 평균제곱근잔차 (RMR) Root Mean Square Residual | 큰 양의 숫자 | 0 |

기초적합지수는 표본크기의 변화나 다변량 정규분포의 위반에 영향을 별로 받지 않으며 제안모델의 적합도를 잘 설명해 준다. 기초적합지수가 크면 좋은 적합도를 나타내지만 수용가능성을 가름하는 절대기준은 아니다. 그러나 일반적으로 적용되는 권장수용수준은 0.90 이상이면서 표본 크기가 200 이상이라면 제안모델의 적합도에 무리가 없다고 해석할 수 있다.

조정적합지수는 기초적합지수를 자유도에 대해 수정한 것이므로 좀더 현실적인 지수라고 볼 수 있다. 일반적으로 조정적합지수는 0과 1 사이의 값을 가지며 적용되는 권장수용수준은 0.90 이상이다.

평균제곱근잔차는 권장 수용수준에 대한 확립된 절대기준은 없으나 적합도가 매우 좋은 모델이라면 0에 가깝고 적합도가 상대적으로 나쁜 모델이라면 그 값은 커지게 된다. 따라서 평균제곱근잔차 값은 연구자의 연구의도에 따라 잔차크기의 실제 유의성에 대한 평가를 달리할 수 있다.

III. 조사개요

1. 경로 주행조사

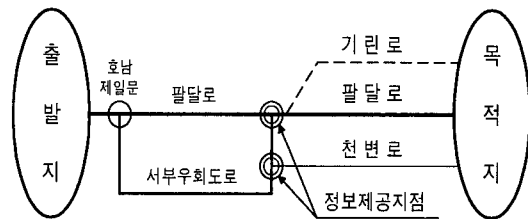
도로를 주행하고 있는 운전자는 목적지까지의 경로를 선택하는 데에 있어서 교통상황 및 도로환경에 대한 운전자가 가지고 있는 각자의 척도를 바탕으로 경로선택행동을 한다고 생각된다. 또한 운전자의 경로선택행동은 운전자 각자가 가지는 개인적인 특성과 경로선택의 영향요인인 여행시간이나 여행비용, 지체거리, 각 경로의 주행 경험, 정보의 정도, 현재주행경로의 혼잡 상황 등을 고려하여 경로를 선택한다.

본 연구에서는 〈그림 2〉의 개념도와 같이 전주시의 외곽지역인 호남제일문 방향에서 팔달로, 서부우회도로

를 이용해 도심 방향으로 출근하는 경우 도심(도청방면)으로 접근하는 3개 주경로인 기린로, 팔달로, 천변로를 대상지역으로 설정하였으며, 3개 주경로에 대한 도로의 현황조사 결과를 〈표 2〉에 나타내었다.

대상도로 현황 조사 결과에 의하면 팔달로가 기린로와 천변로에 비해 노선길이가 짧지만 차선폭이 좁고, 차선수가 적으며, 신호 교차로수가 많아 차량 지체가 가장 심하여 침두시 평균여행시간이 많이 소요됨을 알 수 있었다.

도심으로 접근하는 3개 주경로에 대하여 여행시간 및 여행속도를 알아보기 위하여 차량번호판 조사 및 조사차량을 이용한 방법을 채택하여 경로주행조사를 실시하였으며 그 조사 결과는 다음 〈표 3〉과 같다.



〈그림 2〉 조사대상지역 개념도

〈표 2〉 대상도로의 현황조건

| 조사 항목 | 기린로 | 팔달로 | 천변로 |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 노선 길이 | 4.15 km | 3.5 km | 3.85 km |
| 교차로 수 | 신호:10 무신호: 9 | 신호:14 무신호: 3 | 신호:12 무신호: 6 |
| 신호 등수 | 10 개소 | 14 개소 | 13 개소 |
| 차선 폭 | 3.6 m | 3.5 m | 3.6 m |
| 차선 수 | 편도 4차선 | 편도 2차선 | 편도 3차선 |
| 교통표지판수 | 66 개소 | 50 개소 | 68 개소 |
| 곡선구간 수 | 1 구간 | 2 구간 | 1 구간 |
| 토지이용현황 | 상업지역 | 상업지역 | 주거및상업지역 |

〈표 3〉 대상도로의 경로 주행조사 결과

| 대상 도로 | 거리 (km) | 평균 여행시간 (분) | 평균 여행속도 (km/h) | 비고 |
|-------|---------|-------------|----------------|--------------------------------------|
| 기린로 | 4.15 | 19.125 | 13.020 | 조사는 차량번호판 조사 및 조사차량을 이용한 방법을 채택 하였음. |
| 팔달로 | 3.5 | 21.346 | 9.838 | |
| 천변로 | 3.85 | 17.835 | 12.952 | |

〈표 3〉에서 보는 바와 같이 기린로와 천변로는 팔달로에 비해 노선길이가 각각 0.65km, 0.35km 더 길지만, 평균여행시간은 각각 2.2분, 3.5분 적게 소요되고 평균여행속도는 각각 3.2km/h, 3.1km/h 더 빠르게 주행함을 알 수 있었다.

2. 선호의식 조사

본 연구에서의 SP 조사는 전주시 외곽지역인 호남제일문 방향에서 팔달로, 서부우회도로를 이용해 도심 방향으로 출근하고 있는 경우 도심(도청 방면)으로 접근하는 기린로, 팔달로, 천변로에 대한 여행시간 정보를 제공하는 가상 상황을 설정하였다. 예를 들어, 호남제일문 방향에서 도심으로 접근하는 팔달로와 서부우회도로상의 경로변경 가능지점에서 도착 전에 3개 주경로에 대한 여행시간정보를 각각 제공했을 때 운전자의 경로선택행동 결과를 조사하였다. 각 경로별 제공되는 여행시간정보는 SP 조사 이전에 실시한 예측 여행시간(빠르면, 느리면, 평균)조사 결과를 바탕으로 수준값을 설정하였다.

각 SP 조사의 profile 작성에는 〈표 4〉의 각 경로별 수준값을 이용해 조사 대상자에게 가상적인 대체안의 속성간 직교성이 보장되고, 다중공선성을 피할 수 있도록 하기 위해 실험 계획의 직교 배열표를 참조하였다.

〈표 4〉 Profile의 요인과 수준

| 요 인 | 수 준 |
|-------------|-------------------|
| 주 행 경 로 | 기린로 / 팔달로 / 천변로 |
| 여 행 시 간 정 보 | 기린로 10분, 20분, 30분 |
| | 팔달로 15분, 25분, 35분 |
| | 천변로 10분, 20분, 30분 |

〈표 5〉 조사 개요

| | |
|-------|-----------------------------------------------------|
| 조사 대상 | 전주시 직장인중 자가 운전자 |
| 조사 항목 | WAVE 1:개인속성, 일상시 출근경로, 선호경로, 1주간 이용횟수, 예측여행시간, SP질문 |
| | WAVE 2:선호경로, 1주간 이용횟수, 예측여행시간, SP질문 |
| | WAVE 3:선호경로, 1주간 이용횟수, 예측여행시간, SP질문 |
| 조사 방법 | 직장 방문 조사 |

본 연구에 있어서 직교 배열표는 9회의 실험에서 4개의 요인 배치가 가능한 $L_9(3^4)$ 의 직교 배열표를 사용하여 9종류의 교통 조건으로 압축하였다. 1인의 회답자별 여행시간정보로서 9종류의 카드를 제시하였고, wave 진행시 적응 과정을 분석하기 위해 수준값의 변화 없이 동일한 수준값으로 반복 조사를 실시하였다.

SP 조사는 조사원이 직접 직장 방문하여 조사표를 유치한 후 회수하는 자기 기입식 조사 방식으로 실시하였고, 조사 항목으로는 〈표 5〉와 같이 직장인을 대상으로 wave 1에서는 개인 속성, 일상시 출근 경로, 선호 경로, 주당 경로별 이용 횟수, 예측 여행시간, SP 질문(여행시간정보, 지체상황정보) 등을 실시하였고, wave 2 및 wave 3에서는 선호 경로, 주당 경로별 이용 횟수, 예측 여행시간, SP 질문(여행시간정보, 지체상황정보) 등을 실시하였다.

조사 결과는 〈표 6〉과 같이 1차 조사에서는 42.18%의 회수율을 보였으며, 여행시간정보 제공에 대한 선호의식 자료의 유효회답수는 4,173 표본이었다. 2차 조사에서는 추가된 표본 없이 464부를 배포해 53.02%의 회수율을 보였고, 선호의식 자료의 유효회답수는 2,214 표본이었다. 3차 조사에서는 246부를 배포해 188부를 회수한 76.42%의 회수율을 보였으며, 선호의식 자료의 유효회답수는 1,692 표본이었다. 1차에서 3차까지 계속된 응답자는 전체의 40.52%로 나타났다.

조사 당시 attrition bias에 대한 고려를 하지 못해 표본을 추가하여 조사하지는 못하였다. wave 1에서 wave 2로 진행되면서 46.98%가 탈락하였고, wave 2에서 wave 3으로 진행되면서 23.58%가 탈락하여 panel data의 안정성에 대한 문제가 제기되었다. 따라서 wave의 진행에 따른 panel data의 안정성을 검토하기 위해 표본의 분포형태를 χ^2 검정을

〈표 6〉 Panel 조사 결과

| | 기 간 | 배포수 | 유효 회수수 | 유효회답수 (SP) |
|-------|-----------------------------|--------|----------------|------------|
| 1차 조사 | 1996년 2월 12일 ~ 1996년 2월 23일 | 1,100부 | 464부 42.18% | 4,173 |
| 2차 조사 | 1996년 4월 12일 ~ 1996년 4월 22일 | 464부 | 246부 53.02% | 2,214 |
| 3차 조사 | 1996년 6월 17일 ~ 1996년 7월 1일 | 246부 | 188부 76.42% | 1,692 |

통해 알아보았다. χ^2 검정은 어떤 특정분포의 타당성을 절대평가하기 위한 정보를 제공할 수는 없다고 생각되지만, 둘 이상의 이론적 분포의 상대적인 평가에는 유용하다고 생각되어 wave별로 각 속성들의 분포 형태에 차이가 있는지를 χ^2 검정을 통해 검토하였다. 검토한 결과 <표 7>에 나타낸 것과 같이 wave별 속성간의 차이 검증을 한 결과 유의성이 없는 것으로 나타나 wave 별 속성에 차이가 없는 안정된 panel 데이터로 간주하여 wave 간의 비교 분석을 실시하였다.

<표 7> Panel 데이터의 안정성

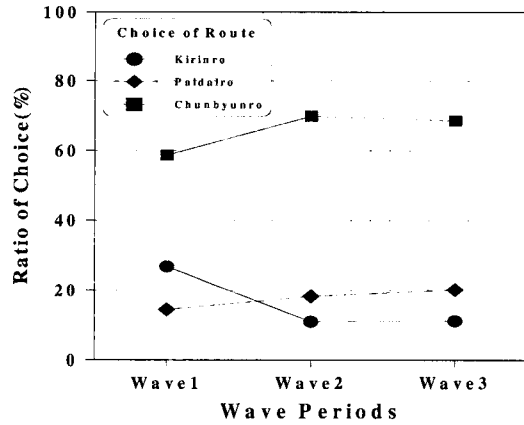
| | 연령 | 성별 | 교육수준 | 운전경력 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| Chi-Square | 0.197 | 0.992 | 1.318 | 0.967 |
| 자유도 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 유의수준 | 0.906 | 0.609 | 0.517 | 0.617 |

IV. 선호의식 동적 경로선택 행동

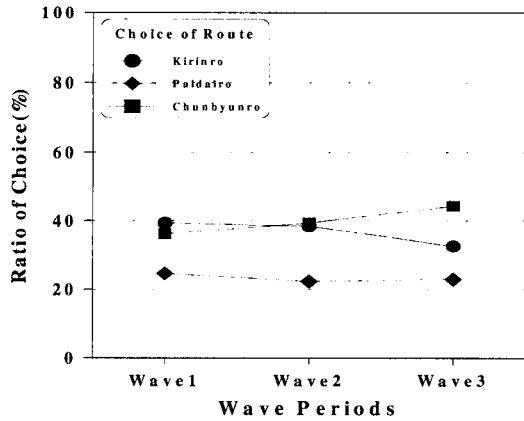
1. 여행시간정보 제공 전·후의 경로선택 행동

교통정보의 유효성을 높이기 위해 운전자의 경로선택 행동을 이해할 필요가 있다. 여기서는 교통정보 제공 전후의 경로선택 및 선택 행동의 변화에 대해 분석하였다. 운전자는 교통정보를 제공받기 전 불확실한 경로의 여행시간을 경험으로 예측해 행동하고 있다. 이것에 대하여 정보를 받은 후에는 운전자가 예상한 경로의 여행시간이 변화된다. 운전자의 경로선택의식은 정보 제공 전후에 있어서 크게 변화된다고 생각되므로 정보를 제공하기 전의 경로선택과 정보 제공후의 경로 선택 행동에 어느 정도 영향을 미치는지 알아보았다.

여행시간정보 제공전 선호 결과는 <그림 3>과 같다. 여행시간정보 제공전 선호 결과에 대해 3개 경로의 여행시간 예측결과를 보면 기린로의 선호율이 높을 것으로 예상되었는데, 결과는 wave 1에서는 기린로 26.8%, 팔달로 14.5%, 천변로 58.7%이고, wave 2에서는 기린로 11.1%, 팔달로 18.4%, 천변로 70.5%이고, wave 3에서는 기린로 11.2%, 팔달로 20.2%, 천변로 68.6%로 나타났다. 그러므로, 기린로의 선호율이 wave가 진행될수록 낮아지고, 팔달로와 천변로의 선호율이 높아지는 것을 알 수 있었다.



<그림 3> 여행시간정보 제공전 wave별 경로선택 행동



<그림 4> 여행시간정보 제공후 wave별 경로선택 행동

여행시간정보 제공후 wave 별 경로 선택 결과는 <그림 4>와 같다. 경로 선택 결과를 보면 wave 1에서는 기린로 39.2%, 팔달로 24.6%, 천변로 36.2%이고, wave 2에서는 기린로 38.4%, 팔달로 22.3%, 천변로 39.3%이고, wave 3에서는 기린로 32.6%, 팔달로 22.9%, 천변로 44.5%로 나타났다. 기린로, 팔달로, 천변로의 경로 선택 결과에서 팔달로가 떨어지긴 하지만, 경로 선택 결과의 값이 균등 배분된 것은 제공된 여행시간정보에 운전자가 반응한 결과라 할 수 있다.

2. 시차변수를 이용한 다항 Logit 모델

개인의 경로선택 행동이 시간적으로 독립이 아니라는 가정하에 비집계 모델을 이용한 경로의 선택행동

에 대한 유효성을 검토하였다. 교통정보 제공시 운전자의 경로선택 모델을 구축하기 위해 운전자의 과거 경로선택 결과나 과거의 선호경로가 현재의 경로선택 행동에 어느 정도 영향을 미치는가에 대해 분석하였다.

각 운전자에 대해 경로 i 가 다음과 같은 선형 형태로 표현되는 효용의 확정항을 갖는다고 가정하였다. 즉 t 시점에 있어서 운전자의 경로 i 에 대한 기대효용의 확정항 V_{ii} 는 다음과 같이 표시된다.

$$V_{ii} = \alpha_1 T_{ii} + \alpha_2 S_{ii} + \alpha_3 S_{t-1i} + \alpha_4 E_{ii} + \alpha_5 R_{t-1i} + \alpha_6 \quad (16)$$

여기서,

- T_{ii} : 현재경로 i 에 제공되는 여행시간 정보
- S_{ii} : 현재경로 i 에 대한 정보 제공전 선호경로의 더미변수

S_{t-1i} : 과거경로 i 에 대한 정보 제공전 선호경로의 더미변수

E_{ii} : 현재경로 i 에 대한 이용횟수의 더미변수

R_{t-1i} : 과거경로 i 에 대한 선택경로의 더미변수

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$: 계수

운전자는 각 경로의 기대효용을 생각하고, 효용이 큰쪽을 선택한다고 할 때 i 경로의 선택확률 P_i 는

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_i) + \exp(V_j) + \exp(V_k)} \quad (17)$$

로 나타낼 수 있다. 모델에 적용한 설명변수로서 각 경로의 여행시간을 공통변수로, 선호하는 경로, 이용횟수, $t-1$ 시점의 선택결과, $t-1$ 시점의 선호경로는 각 경로의 고유변수로 채택하였다. 선호경로의 경우

<표 8> 시차변수를 이용한 다항 Logit 모델

| 설 명 변 수 | model 1 (wave 2) | | model 2 (wave 3) | | model 3 (wave 3) | |
|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|
| | 추정계수 | t 값 | 추정계수 | t 값 | 추정계수 | t 값 |
| 여행시간정보(min)(공통변수) | -0.132 | -21.040 | -0.147 | -20.300 | -0.137 | -16.615 |
| 선호경로 (기린로 고유변수) | | | 0.608 | 2.463 | 0.781 | 2.792 |
| (팔달로 고유변수) | 0.633 | 3.185 | 0.719 | 3.417 | 0.523 | 2.044 |
| (천변로 고유변수) | 0.767 | 4.627 | 0.688 | 3.365 | 0.732 | 3.081 |
| 이용횟수 (기린로 고유변수) | 0.596 | 4.341 | 0.505 | 2.973 | 0.559 | 2.909 |
| (팔달로 고유변수) | 0.458 | 2.835 | 0.270 | 1.570 | 0.356 | 1.861 |
| (천변로 고유변수) | 1.036 | 6.267 | 0.803 | 3.294 | | |
| 선택경로 (기린로 고유변수) | 0.551 | 3.398 | | | 1.163 | 6.184 |
| wave 1 (팔달로 고유변수) | 0.914 | 5.253 | | | | |
| (천변로 고유변수) | | | | | | |
| 선호경로 (기린로 고유변수) | | | | | 0.697 | 3.081 |
| (팔달로 고유변수) | | | | | | |
| (천변로 고유변수) | | | | | | |
| 선택경로 (기린로 고유변수) | | | 0.850 | 4.639 | 0.416 | 1.931 |
| wave 2 (팔달로 고유변수) | | | 0.959 | 5.068 | 1.012 | 4.806 |
| (천변로 고유변수) | | | 0.768 | 4.127 | 0.902 | 4.333 |
| 선호경로 (기린로 고유변수) | | | 0.393 | 1.657 | | |
| (팔달로 고유변수) | | | | | | |
| (천변로 고유변수) | | | 0.497 | 2.650 | 0.521 | 2.622 |
| 상 수 항 (기린로 상 수 항) | 0.501 | 2.503 | 0.600 | 1.965 | 0.083 | 0.270 |
| (팔달로 상 수 항) | 0.045 | 0.214 | 0.897 | 2.907 | 0.690 | 2.312 |
| 표 본 수 | 1836 | | 1683 | | 1422 | |
| $\bar{\rho}^2$ | 0.429 | | 0.482 | | 0.507 | |
| 적중률(%) (전 체) | 78.54 | | 80.10 | | 80.94 | |
| (기린로) | 77.11 | | 78.38 | | 79.39 | |
| (팔달로) | 73.79 | | 75.07 | | 77.52 | |
| (천변로) | 82.65 | | 83.99 | | 83.75 | |

선호하는 경로는 1, 선호하지 않는 경로는 0, $t-1$ 시점에 선택한 경로에 대해서는 선택한 경로는 1, 선택하지 않는 경로는 0, 이용횟수의 경우 기린로와 팔달로는 이용횟수 2회 이하는 0, 3회 이상은 1, 천변로는 이용횟수 0회는 0, 1회 이상은 1로 하는 더미 변수를 이용하였다.

〈표 8〉의 model 1은 wave 2를 현재시점으로 하여 현재의 여행시간 정보, 현재의 선호경로, 현재의 경로별 이용횟수, wave 1의 선호경로 및 선택결과를 설명변수로 이용하여 모델화 하였고, model 2는 wave 3을 현재시점으로 하여 현재의 여행시간 정보, 현재의 선호경로, 현재의 경로별 이용횟수, wave 2의 선호경로 및 선택결과를 설명변수로 이용하여 모델화 하였으며, model 3은 wave 3을 현재시점으로 하여 현재의 여행시간 정보, 현재의 선호경로, 현재의 경로별 이용횟수, wave 1의 선호경로 및 선택결과, wave 2의 선호경로 및 선택결과를 설명변수로 이용하여 모델화 하였다.

모델에 있어서 계수의 부호조건을 보면, 여행시간 정보변수의 계수는 (-)값, 선호경로는 (+)값, 경로별 이용횟수는 (+)값으로 타당하게 나타났으며, 계수의 유의성을 보면, model 1에서는 여행시간정보, 선호경로(팔달로, 천변로), 이용횟수(기린로, 팔달로), $t-1$ 시점의 선택경로(기린로, 팔달로) 추정계수의 t 통계값이 1%에서 유의하게 나타났고, model 2에서는 여행시간정보, 선호경로(팔달로, 천변로), 이용횟수(기린로, 천변로), $t-1$ 시점의 선호경로(천변로), $t-1$ 시점의 선택경로(기린로, 팔달로, 천변로), 팔달로 상수항의 t 통계값이 1%에서 유의하게 나타났으며, model 3에서는 여행시간정보, 선호경로(기린로, 천변로), 이용횟수(기린로), $t-1$ 시점의 선호경로(천변로), $t-1$ 시점의 선택경로(팔달로, 천변로), $t-2$ 시점의 선호경로(천변로), $t-2$ 시점의 선택경로(기린로) 추정계수의 t 통계값이 1%에서 유의하게 나타났다.

또한, model 3에 있어서 $t-2$ 시점의 경로선택 결과 보다 $t-1$ 시점의 경로선택 결과가 t 시점에 더 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 이는 경로선택 행동이 현재의 교통환경 조건뿐 아니라 최근의 경로선택 행동 및 선호경로가 현재의 경로선택 행동에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 모델의 적중률과 우도비 등

은 전체적으로 상당히 높은 값을 나타내고 있으며, 각 경로별 적중률중 천변로의 적중률이 가장 높은 것으로 보아 구축한 다항 Logit 모델은 천변로의 선택 행동을 잘 설명한다고 할 수 있다.

3. 선호의식 데이터에 의한 LISREL 모델

1) 2시점 모델

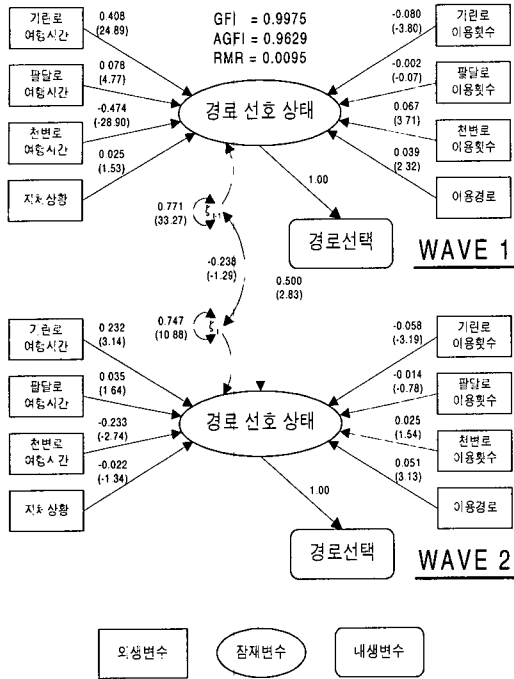
본 절에서는 2시점의 SP가 어떠한 관계에 있는가를 명확하게 할 목적으로 2시점 SP panel 데이터에 의한 LISREL 모델을 구축하였다. 모델에 이용한 변수는 여행시간정보 변수인 기린로 여행시간, 팔달로 여행시간, 천변로 여행시간, 지체상황정보 변수인 지체상황을 이용했고, 개인속성 변수인 기린로 이용 횟수, 팔달로 이용 횟수, 천변로 이용 횟수, 팔달로와 서부우회도로의 이용경로를 이용했다. 그리고 내생변수는 교통정보에 대한 선호순위를 이용했다.

이들 변수를 이용하여 2시점 모델을 구축한 결과 〈그림 5〉~〈그림 7〉과 같이 나타났으며, () 안의 수치는 t 값을 나타낸다. 모델의 기초적합지수(GFI)가 0.99 이상, 조정적합지수(AGFI)가 0.94 이상, 평균 제곱근잔차(RMR)는 0.0097 이하로 세 모델의 추정 결과 적합도가 높게 나타나고 있어 적합한 모델이라고 할 수 있다.

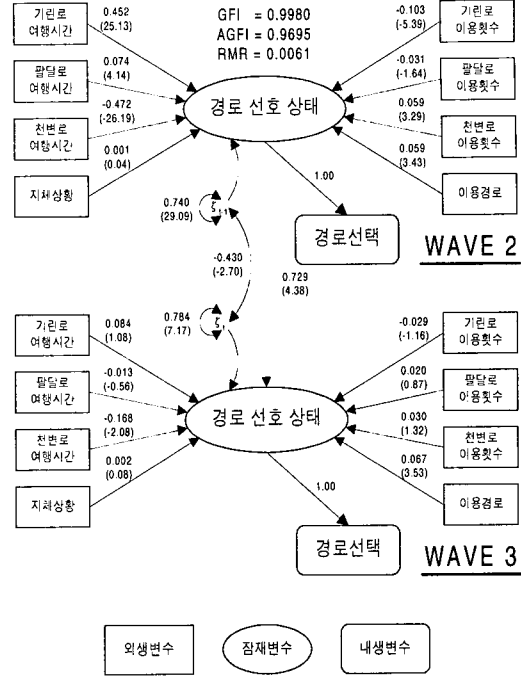
또한 모델에서 여행시간정보 변수가 추정계수 및 t 값이 크게 나타나 경로선호에 큰 영향을 미침을 알 수 있었으며, 특히 천변로 여행시간 변수가 부(-)의 값으로 나타나 운전자들이 천변로를 가장 선호하고 있다고 생각되어진다.

정보변수로서 지체상황 변수는 유의한 값으로 나타나고 있지 않는데 이는 우리나라 운전자들이 지체에 대한 의식이 확립되어 있지 않는 결과라 생각되며, 여행시간정보가 경로를 선택하는데 있어서 중요한 설명변수로 나타나고 있다.

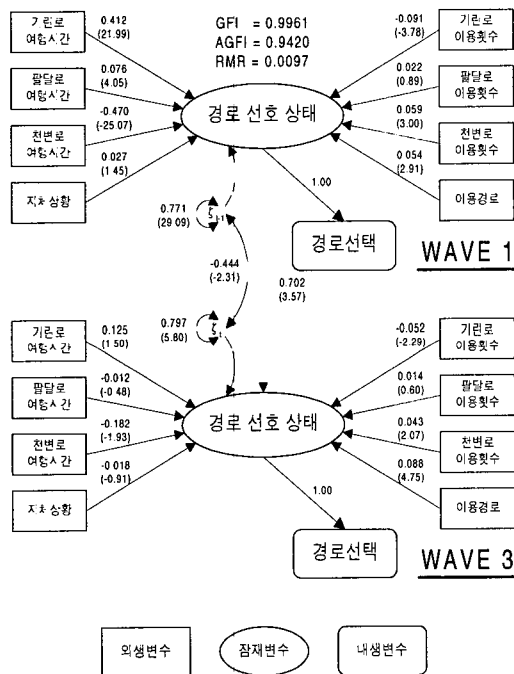
개인속성 변수에 있어서는 기린로의 경우 이용횟수가 적은 운전자들이 선호한 반면 천변로에 있어서는 이용횟수가 많은 운전자들이 선호하고 있어 도심 을 관통하는 기린로는 경로선호에 부정적인 생각을 갖고 있는 반면 도심 우회도로의 성격을 지니고 있는 천변로는 경로선호에 긍정적인 값을 나타내고 있었다.



〈그림 5〉 Wave 1과 wave 2에 대한 LISREL 모델의 경로 도형



〈그림 7〉 Wave 2와 wave 3에 대한 LISREL 모델의 경로 도형



〈그림 6〉 Wave 1과 wave 3에 대한 LISREL 모델의 경로 도형

2) 계열상관과 상태의존의 검토

본 절에서는 앞절에서 분석한 모델중 가장 적합도가 좋은 wave2와 wave3의 데이터를 이용하여 상태의존과 계열상관 개념의 경로선택 선호의식 dynamic 모델의 도입 타당성을 검토하였다. 상태의존과 계열상관을 나타내는 2 시점의 경로선호 모델 추계식은 다음 식과 같다.

$$\eta_t = \beta \eta_{t-1} + \gamma \xi_t + \zeta_t \quad (18)$$

$$\eta_{t-1} = \gamma \xi_{t-1} + \zeta_{t-1} \quad (19)$$

$$\Psi = E[\zeta \zeta'] = \begin{pmatrix} \psi_{t-1,t-1} & 0 \\ \psi_{t-1,t} & \psi_{tt} \end{pmatrix} \quad (20)$$

여기서 η 는 경로선호상태를 나타내고, ξ 는 여행시간 정보와 개인속성의 인식치를 표시하는 외생변수를 나타내고 있다. ζ 는 오차항을 나타내며, Ψ 는 오차항의 상관 matrix를 나타내고 있다. 식(18)중에서 β 가 상태의존 계수를 나타내고 있으며, 식(20)의 matrix 요소 $\psi_{t-1,t}$ 가 시간적인 오차항의 계열상관을 표현하고 있다.

〈표 9〉 추계 모델 형태

| | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| 모델 No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 계열상관 | | # | | # |
| 상태의존 | | | # | # |

〈표 10〉 추계 모델 형태에 따른 모델식

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 모델 1 | 모델 2 |
| $\eta_t = \gamma \xi_t + \zeta_t$ | $\eta_t = \gamma \xi_t + \zeta_t$ |
| $\eta_{t-1} = \gamma \xi_{t-1} + \zeta_{t-1}$ | $\eta_{t-1} = \gamma \xi_{t-1} + \zeta_{t-1}$ |
| $\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{t-1t-1} & 0 \\ 0 & \psi_u \end{pmatrix}$ | $\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{t-1t-1} & 0 \\ \psi_{t-1t} & \psi_u \end{pmatrix}$ |
| 모델 3 | 모델 4 |
| $\eta_t = \beta \eta_{t-1} + \gamma \xi_t + \zeta_t$ | $\eta_t = \beta \eta_{t-1} + \gamma \xi_t + \zeta_t$ |
| $\eta_{t-1} = \gamma \xi_{t-1} + \zeta_{t-1}$ | $\eta_{t-1} = \gamma \xi_{t-1} + \zeta_{t-1}$ |
| $\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{t-1t-1} & 0 \\ 0 & \psi_u \end{pmatrix}$ | $\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{t-1t-1} & 0 \\ \psi_{t-1t} & \psi_u \end{pmatrix}$ |

계열상관과 상태의존의 개념에 기초하여 모두 4개의 모델을 구축하였는데, 이렇게 구축된 모델의 추계 형태를 보면 〈표 9〉와 같고, 추계된 모델을 식으로

나타내면 다음 〈표 10〉과 같다.

이렇게 구축된 모델에 대해 살펴보면 모델 1은 계열상관과 상태의존을 모두 고려하지 않은 모델, 모델 2는 계열상관은 고려하고 상태의존은 고려하지 않은 모델, 모델 3은 계열상관은 고려하지 않고 상태의존만 고려한 모델, 모델 4는 계열상관과 상태의존을 모두 고려한 모델이다.

각 모델의 평균제곱근잔차의 크기를 비교한 결과 모델1은 0.018, 모델2는 0.010, 모델3은 0.008, 모델4는 0.006으로 나타나 계열상관과 상태의존을 모두 고려하지 않은 모델(모델 1) 보다 계열상관만 고려한 모델(모델 2)이, 계열상관만 고려한 모델(모델 2) 보다 상태의존만 고려한 모델(모델 3)이, 상태의존만 고려한 모델(모델 3) 보다 계열상관과 상태의존을 모두 고려한 모델(모델4)이 적합도가 더 좋게 나타났다.

추계 모델 형태에 따른 모델의 결과를 〈표 11〉에 나타내었다. 계열상관은 구조방정식 중의 오차항 ζ 의 상관 matrix Ψ 를 이용하여 표현하였는데 시간내 오차항 상관성 추정계수의 t 값은 각각 29.09와

〈표 11〉 추계 모델 형태에 따른 모델 결과

| | 모델 1 | 모델 2 | 모델 3 | 모델 4 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| β_{21} | - | - | 0.282 (12.23) | 0.729 (4.38) |
| γ_{11} | 0.452 (25.14) | 0.453 (25.13) | 0.452 (25.14) | 0.452 (25.13) |
| γ_{12} | 0.074 (4.14) | 0.075 (4.14) | 0.074 (4.14) | 0.074 (4.14) |
| γ_{13} | -0.472 (-26.20) | -0.473 (-26.18) | -0.472 (-26.20) | -0.472 (-26.19) |
| γ_{14} | 0.000 (0.02) | -0.000 (-0.00) | 0.000 (0.02) | 0.001 (0.04) |
| γ_{15} | -0.107 (-5.34) | -0.096 (-4.91) | -0.107 (-5.34) | -0.103 (-5.39) |
| γ_{16} | -0.044 (-2.16) | -0.046 (-2.31) | -0.044 (-2.16) | -0.031 (-1.64) |
| γ_{17} | 0.068 (3.57) | 0.067 (3.59) | 0.068 (3.57) | 0.059 (3.29) |
| γ_{18} | 0.039 (2.12) | 0.020 (1.14) | 0.039 (2.12) | 0.059 (3.43) |
| γ_{29} | 0.414 (23.01) | 0.414 (23.01) | 0.287 (14.21) | 0.084 (1.08) |
| γ_{210} | 0.041 (2.31) | 0.042 (2.31) | 0.021 (1.18) | -0.013 (-0.56) |
| γ_{211} | -0.512 (-28.44) | -0.513 (-28.43) | -0.379 (-18.57) | -0.168 (-2.08) |
| γ_{212} | 0.001 (0.05) | 0.001 (0.05) | 0.001 (0.06) | 0.002 (0.08) |
| γ_{213} | -0.093 (-4.13) | -0.081 (-3.68) | -0.061 (-2.82) | -0.029 (-1.16) |
| γ_{214} | 0.017 (0.70) | 0.009 (0.41) | 0.014 (0.63) | 0.020 (0.87) |
| γ_{215} | 0.082 (3.83) | 0.070 (3.36) | 0.054 (2.62) | 0.030 (1.32) |
| γ_{216} | 0.090 (4.74) | 0.082 (4.47) | 0.079 (4.37) | 0.067 (3.53) |
| Ψ_{11} | 0.740 (29.09) | 0.742 (29.09) | 0.740 (29.09) | 0.740 (29.09) |
| Ψ_{21} | - | 0.276 (10.93) | - | -0.430 (-2.70) |
| Ψ_{22} | 0.739 (29.09) | 0.741 (29.09) | 0.710 (29.09) | 0.784 (7.17) |
| χ^2 | 172.26 | 41.07 | 31.08 | 24.20 |
| df | 9 | 8 | 8 | 7 |
| GFI | 0.987 | 0.997 | 0.997 | 0.998 |
| AGFI | 0.843 | 0.955 | 0.966 | 0.970 |
| RMR | 0.018 | 0.010 | 0.008 | 0.006 |

〈표 12〉 χ^2 test 결과

| Test case | 모델 쌍 | χ^2 |
|-----------|-------------|----------|
| A | 모델 1 : 모델 2 | 131.19 |
| B | 모델 1 : 모델 3 | 141.18 |
| C | 모델 1 : 모델 4 | 148.24 |
| D | 모델 2 : 모델 3 | 9.99 |
| E | 모델 2 : 모델 4 | 17.05 |
| F | 모델 3 : 모델 4 | 7.06 |

7.17로 높고, 또 시간간 오차항에서 계열적인 상관을 가정한 ψ_{t-t} 에 대해서는 t 값이 -2.70으로 유의한 값을 보이고 있으며, 상태의존을 나타내는 β 계수의 t 값은 4.38로 높은 값을 보이고 있다.

적합도 검정을 하기 위해 각각의 모델을 비교 검토하였는데, 검정 방법은 적합도의 지표인 χ^2 값의 각 모델 간의 차에 대하여 각 모델의 자유도 차를 자유도로 하는 χ^2 분포를 따른다고 보고 실시하였다. 이와 같이 분석한 결과를 〈표 12〉에 나타냈다. 이 표에서 χ^2 값은 모델 쌍 $i : j$ 일 때 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\chi^2_{값} = \chi^2(\text{모델 } i) - \chi^2(\text{모델 } j) \quad (21)$$

계열상관과 상태의존을 고려한 모델은 각각 아무것도 고려하지 않은 모델보다도 유의하게 적합도가 높다(Test A, B). 또 계열상관을 고려한 모델과 상태의존을 고려한 모델에서는 상태의존을 고려한 모델쪽이 유의하게 적합도가 높은 결과로 나타났다(Test D). 가장 적합도가 높은 모델은 모델 4이고 다른 모델보다도 유의하게 적합도가 좋은 모델이었다(Test C, E, F). 이로부터 상태의존과 계열상관 개념의 dynamic 모델에의 도입 타당성이 보여짐을 알 수 있었다.

3) 종합모델 구축

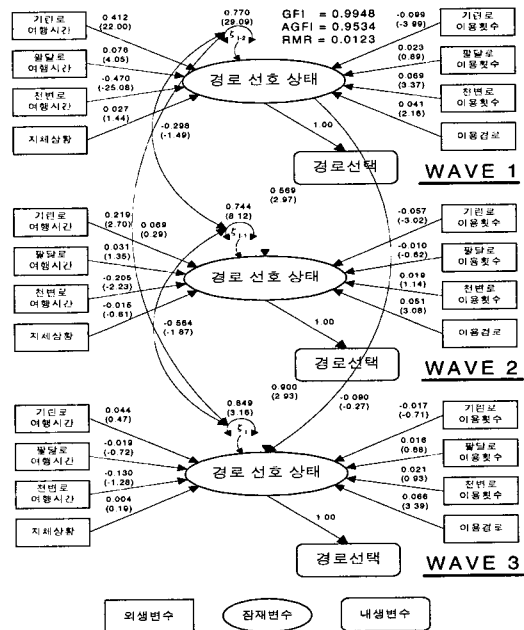
종합 모델 구축에 이용한 변수는 여행시간정보 변수인 기린로 여행시간, 팔달로 여행시간, 천변로 여행시간, 지체상황정보 변수인 지체상황을 이용했고, 개인속성 변수인 기린로 이용 횟수, 팔달로 이용 횟수, 천변로 이용 횟수, 팔달로와 서부우회도로의 이용경로를 이용했다. 그리고 내생변수는 교통정보에 대한 선호순위를 이용했다.

이들 변수를 이용하여 종합 모델을 구축한 결과

〈그림 9〉와 같으며, () 안의 수치는 t 값을 나타낸다. 모델 변수간의 계수 부호에 기초하여 이 모델이 나타내는 의미를 검토하여 보았다. wave 1의 경로선호 비율이 높은 것은 기린로 여행시간정보가 높은 경우(0.412), 천변로 여행시간정보가 낮은 경우(-0.470)이다. wave 2의 경로선호 비율이 높은 경우는 wave 1에 있어서 경로선호의식이 높은 경우(0.569), 기린로 여행시간정보가 높은 경우(0.219), 천변로 여행시간정보가 낮은 경우(-0.205)이다. wave 3에 있어서 경로선호 비율이 높은 경우는 wave 2에 있어서 경로선호의식이 높은 경우(0.900), 천변로 여행시간정보가 낮은 경우(-0.130)로 나타나고 있다.

계열상관 계수는 wave 3에 대하여 wave 2가 -0.564이고 wave 1이 0.069로 시간간격이 짧을수록 추정 계수값이 크게 나타나고 있어 계열상관은 시간간격이 짧으면 상관이 크게 되고 있다는 것을 알 수 있었다.

또 상태의존 계수도 wave 3에 대하여 wave 2가 0.900이고 wave 1이 -0.090으로 시간간격이 길면 계수값이 작게 되고 있다는 것을 알았다. 그러므로 상태의존 정도는 시간간격에 비례하여 작게 되고 있



〈그림 9〉 3 wave SP panel 데이터에 대한 LISREL 모델의 경로 도형

다는 것을 알 수 있었다.

끝으로 종합 모델의 적합도를 평가하기 위한 지수 값들을 보면, 기초적합지수(GFI)가 0.9948, 조정적합지수(AGFI)가 0.9534, 평균제곱근잔차(RMR)가 0.0123으로 종합 모델의 추정 결과 적합도가 높게 나타나고 있어 적합한 모델이 구축되어졌다고 생각되어진다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 근년 교통수요분석의 분야에서 주목 받고 있는 동적분석을 선호의식 panel data를 이용하여 LISREL이라는 교통수요 분석의 분야에서는 비교적 새로운 통계접근에 의해서 종래의 cross section model을 개량한 동적 모델을 구축하여 경로선택 행동을 분석하였다.

종래에 이용되어온 cross section 분석에서는 SP(선호의식)와 사회경제속성 혹은 RP(실제 경로의 이용형태) 사이의 관계는 균형상태이고, 변화의 즉시성(卽時性)과 안정성(安定性)이 가정되고 있다.

본 연구에서는 경로에 대한 경험과 실제 경로의 이용형태가 변화하여도 선호의식은 즉시적으로 변화하지 않으며, 이전의 경로에 대한 경험이나 실제 경로의 이용형태에 적합한 선호의식 상태를 어느 정도 계속 보유한다는 것을 알았다. 또한, 경로에 대한 경험이나 실제 경로의 이용형태가 변화하지 않는 경우에 있어서도 선호의식은 안정하지 않으며, 시간적으로 완만하게 변화한다. 이것은 선호의식이 시간적으로 독립하지 않는다는 것을 의미한다.

단기적인 선호의식의 수요변화 예측을 1시점 data에 기초하여 정적인 cross section 분석에 의한 경우과대 혹은 과소 추계로 끝날 가능성이 있다. 따라서 상태의 차이에 기초한 cross section 분석에서 변화에 기초한 panel 분석으로 교통수요 변화의 연구 초점은 이동할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 panel data의 수집을 전제로 하고, 종래에 이용되어온 logit model에 과거의 경력을 나타내는 시차변수를 도입하고, 그 유효성에 대하여 검토하였다. logit model에 시차변수를 도입한 경우 대체로 model의 적합도가 향상되었다.

교통행동 분석의 분야에 있어서 비집계 모델에 동적 개념의 도입은 중요하다고 생각된다. 본 연구에서

는 LISREL을 이용하여 SP의 동적 모델을 구축하였다. 기존에 cross section model의 문제점으로서 지적되어온 오차항의 계열상관, 상태의존의 문제를 본 연구에서 취급하여 동적 모델에 도입하였다. 또 심리 모델에서 문제로 제기되어 온 관측오차의 문제를 LISREL 중에서 관측방정식을 이용하여 관측치를 인식치와 관측오차로 분해하는 것으로 해결하였다.

과거 경로 선호상태의 현재 선호상태에 대한 영향력을 나타내는 상태의존 추정계수 β 는 유의하게 큰 값을 나타냈다. 따라서 현재의 선호상태는 현재의 교통환경 및 사회경제속성에 의해서만 결정되는 것은 아니고, 과거의 선호상태에 영향을 받는다고 할 수 있다. 또 상태의존추정계수는 시간간격이 긴 경우 작게 되는 경향이 있고, 선호상태의 영향력은 시간의 경과와 함께 작게된다고 생각되어진다.

마지막으로 상태의존과 계열상관에 대해서 그 타당성을 검토하였다. 상태의존의 동적 모델에의 도입에 대해서는 종래의 model과 비교하여 적합도에 있어서 향상이 보여져 타당하다고 생각된다. 또 계열상관 추정계수 ψ 는 교통환경의 추정계수와 비교하여도 충분히 큰 값을 보였다. 또한 계열상관을 고려한 모델은 종래의 모델에 비해 좋은 모델이 구축되었으며, 이러한 개념을 동적 모델에 도입함은 타당하다고 생각되어진다.

본 연구에서는 동적 분석 자체가 새로운 접근이어서 본 연구에 있어서도 문제점이 다수 발생하였다. 본 연구에서 이용한 LISREL model의 유효성 검증을 종래로부터 이용되어온 logit model과 비교하였다. 적합도의 지표로서 GFI값, ρ^2 값이 고려되었지만, 다른 지표의 비교는 곤란하였다. 그래서 logit model에서 적중률을 산출하고, LISREL에 대해서는 사전에 구한 값을 이용하여 적중률을 산출하여 비교 검토하는 방법을 생각할 수 있을 것이다. 그러나 적중률은 하나의 지표이지만 share의 영향을 수반하고 있기 때문에 내면적 타당성의 검토는 곤란하다고 생각된다.

Panel data는 비집계 수준 변화의 분석에는 적당하다고 생각되지만, 집계 수준의 예측에 있어서는 문제가 많다고 생각된다. Panel 조사는 장기간이 소요되기 때문에 특정의 bias가 표본에 발생할 수 있다. 따라서 표본에 대하여 모집단의 대표성을 확보하기 위한 어떤 보정이 필요할 것이다.

SP 모델 자체에 대해서는 실험의 애매성을 지적할 수 있다. 제약조건(출발시각 등)이 SP실험에서 설정되어 있지 않는 영향이 크다고 생각된다. SP 모델 자체의 신빙성을 올리기 위해서 보다 상세한 조사가 기대된다.

참고문헌

1. 박성현(1993), 현대실험계획법, 민영사.
2. 이순목(1990), 공변량구조분석, 성원사.
3. 조선배(1996), LISREL 구조방정식모델, 영지문화사.
4. Chang, G. L & Mahamassani, H. S(1989), "The dynamic of commuting decision behavior in urban transportation network", Travel Behavior Research (The International association for Travel Behavior), pp.15~26.
5. Daganzo, C. F & Y. Sheffi(1982), "Multinomial probit with time-series data", Environment and Planning A, Vol. 14, pp.1377~1388.
6. Giuliano & Golob, T. F(1990), "Using longitudinal methods for analysis of a short-term Transportation demonstration project", Transportation, Vol. 17, No. 1, pp.1~28.
7. Golob, T. F & Meurs, H(1988), "Modeling the dynamics of passenger travel demand by using structural equations", Environment and Planning A, Vol. 20, pp.1197~1218.
8. Goodwin, P. B(1989/1990), "Family changes and public transport use 1984- 1987 : Dynamic analysis using panel data", Transportation 16, pp.121~154.
9. Hensher, D. A & Smit, N. C(1990), "Estimation automobile utilization with panel data : An investigation of alternative assumption and error covariance", Transportation Research-A, Vol. 24A, No. 6, pp.417~426.
10. Kitamura, R(1987), "A panel analysis of household car ownership and mobility", Infrastructure Planning and Management, July 1987, pp.13~27.
11. Kitamura, R(1989/1990), "A causal analysis of car ownership and transit use", Transportation 16, pp.155~173.
12. Kitamura, R(1990), "Panel analysis in transportation planning : an overview", Transportation Research.-A, Vol. 24A, No. 6, pp.401~415.
13. Morikawa, T(1989), "Incorporating Stated Preference Data in Travel Demand Analysis", Ph.D, Dissertation, Department of Civil Engineering, MIT.
14. van der Hoorn, T(1989), "Dutch Transportation Planning and the use of longitudinal analysis", International Conference on Dynamic Travel Behavior Analysis, Kyoto.
15. 兵藤哲郎(1989), "需要主體の時間的行動變化を考慮した非集計交通需要豫測モデル", 交通と統計, No. 18, 交通統計研究所, pp.65~82.
16. 柏谷増男, 朝倉康男, 三浦博敬(1989), "發生集中交通量データの經年變化特性", 土木計劃學研究講演集, No. 12, pp.267~274.
17. 森川高行, 山田菊子(1991), "RPデータとSPデータの系列相關を考慮した交通機關選擇行動の推定法", 土木計劃學研究講演集, No. 14(1), pp.605~612.
18. 森川高行, 竹內博史, 加古裕次郎(1991), "定量的觀光魅力度と選擇肢集合の不確實性を考慮した觀光目的地選擇分析", 土木計劃學研究論文集, No. 9, pp.117~124.
19. 狩野裕(1989), "因子分析における統計的推測 : 最近の發展", 行動計量學, 第18卷, 第1号, pp.3~12.
20. 矢山鳥 宏光, 屋井鐵雄, 森地茂(1989), "商業地における駐車施設整備のための基礎的研究", 土木計劃學研究講演集, No. 12, pp.349~356.
21. 鈴木聰, 毛利雄一, 中野敦, 原田昇(1990), "パネルデータに基づく交通手段選擇行動の分析", 土木計劃學研究講演集, No. 13, pp.537~542.
22. 屋井鐵雄, 岩倉成志(1991), "需給特性を用いた住空間評價のヘドニック分析法", 土木計劃學研究論文集, No. 9, pp.253~260.
23. 河上省吾, 廣島康裕(1983), "交通施設整備に伴う交通手段選擇の變化過程に関する研究", 土木計劃學研究講演集, Vol. 5, pp.413~419.