

□ 論 文 □

路線選擇行態의 模型化

(Modeling of the Route Choice Behavior)

李 仁 遠

(弘益大都市計劃學科教授)

車 在 燦

(交通開發研究院)

目 次

I. 序 論

II. 路線選擇行態의 “로-짓”模型化 方案

III. “로-짓”路線選擇模型의 定立

IV. 結 論

ABSTRACT

The multinomial logit model has been applied for various choice problems. Among others, the joint destination mode choice, the mode choice and the route choice are the three major modeling topics for Korean transportation planners. This paper examines with real world data (the Olympic road and its competing two major arterials) the usefulness of a Logit route choice model. Quite surprisingly, it is found that the multinomial route choice behavioral model calibrated for this study based on (0,1) individual data base can not provide a good estimate for O-D trips less than 6km but can be good for O-D trips longer than 6km. 400 data points and 3 case studies might not be sufficient for a sound conclusion. It is, however, believed from a series of similar studies conducted by the authors that the route choice behavior is more sensitive (more demand elastic with respect to travel time changes) than the mode choice and the shorter trip, the more sensitive. The travel time parameters for destination choice models are usually smaller than the travel time parameters for mode choice models and these parameters (for mode choice models) turn out smaller than the travel time parameters for route choice models from this study. Table 2 in this paper shows parameter changes for three different markets and Table 3 shows the modeling errors when the estimated individual probabilities are aggregated into a route level.

I. 序 論

交通模型을 巨視的 算術型에서 微視的 行態型으로 進化시키고자 하는 研究가 70年代부터 活發하게 이루어져 왔다.^{1), 2), 3)} 交通手段別 分擔率을 一部 프로그래밍 模型처럼 前提로 처리 하거나 또는 通行量(Trip End) 模型에서와 같이 發生交通量을 算定한후 各別의 分擔比率를 決定하는 方式을 改善키 위하여 通行交叉模型(Trip Interchange Model)이 提示되었으며 이에따라 通行手段選擇率 또는 手段別 割當率을 모든 起終點 通行에 대하여 算定하는 方式이 開發된 것이다. 즉 Logit公式을 利用하여 手段間 選擇率을 $\ln(P/1-P) = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_0$ 으로 전환하여 回歸分析(Regression Analysis)하는 二項 “로-짓” 模型이 提示되고 곧 이어 最尤推定法(MLE)에 의한 多項 “로-짓”(MNL: Multinomial Logit)模型이 개발되었으며, 이러한 “로-짓” 模型을 통하여 起終點間의 O-D交通量 手段別로 選擇確率에 따라 分擔시킬 수 있게 되었다. 이러한 確率模型은 手段選擇의 個人 行態分析뿐만 아니라 交通의 時間價値, 交通費用의 彈力度分析(Elasticity), 模型의 時空上의 移傳度(Transferbility) 등이 研究可能케 하여 交通模型에 일대전환을 이루었다 하겠다.

그러나 이러한 行態模型이 手段選擇行態의 模型化에 머무르고 起終點選擇이나 路線選擇問題로 擴大適用되는데 우리나라의 경우 아직 研究가 부진한 실정이다. 따라서 本 研究는 一部都市經濟學者, 交通計劃家 등이 開發提示한 終點選擇多項 “로-짓”模型, 住居地 選擇模型, 結合模型(Joint Choice Model) 등의 例를 參考로 하여 路線選擇의 “로-짓” 模型化를 시도하여 보는데 그 目的을 두었다.

研究의 方法은 多項 “로-짓” 公式을 選擇하여 個人別 路線選擇行態를 選擇possible한 路線에 따라 (0, 1), (0, 0, 1), (0, 1, 0, 0) 등으로 하는 個人別 變數化方式이 適用될 수 있도록 하였으며 實際模型이 定立되고 그 適用可能性

이 檢討되도록 하였다. 그러나 路線選擇에 있어서 多項 “로-짓” 模型이 內包하리라 보이는 選擇代案의 獨立性 問題(IIA: Independence from Irrelevant Alternatives)와 같은 理論上 問題들은 路線選擇問題의 경우에는 手段選擇時 보다 가벼울 것으로 아서 깊게 다루지 않았다(같은 道路이기 때문). 이에 따라 本 研究의 範圍는 說明變數의 選定, 開發된 模型의 精確度 檢討, 適用範圍等에 한정하였다.

앞으로 本 研究에서 提示된 模型化方法論을 실제적용키 위하여 기존의 Path 알고리즘을 어떻게 補完 調整되어야 할 것인가 하는 問題와 交通時間을 負荷된 交通量에 따라 몇번이고 反復 計算해야 하는 交通時間算定 알고리즘의 效率性 增進問題는 追後 研究課題로 남는다 하겠다. 그러나 Dial Algorithm의 적용 예에서 보았듯이 주어진 O-D Pair에 관하여 두서너개의 選擇 Path가 있다는 前提는 理論上으로는 問題가 크나 現實世界에서는 그런대로 받아들여질 수 있다고 보았으며 交通模型이 궁극적으로 交通需要公式 $[P(i, j, k, r)]$ 과 交通時間費用算出 알고리즘으로 정리되어 効率的으로 處理될 수 있기를 위한 前哨的 研究로 시도된 것이다.

II. 路線選擇行態의 “로-짓” 模型化 方案

1. 選擇模型의 構造

一般的인 多項 “로-짓” 模型의 形式은 다음과 같다.

$$P_i = \frac{\exp V_i}{\sum_{j=1}^J \exp V_j}$$

이와같은 多項 “로-짓” 模型을 交通流에서 測定될 수 있는 變數들을 가지고 定立코자 할 때는 위 式에서 V_i 와 V_j 를 정의하고 模型의 “파라메타”를 整算(Calibration)하는 技法이 確定되어야 한다. 本 研究에서는 研究者의 該간 經驗을 토대로 하여 V_i 와 V_j 를 一次式効

用函數(a * time + b * cost + c * other + d)로 하지 않고 自然對數를 이용한 效用函數로 다음과 같이 正義하였다.

$$V = a * \ln \text{TIME}(i) + b * \ln \text{COST}(i) + C \ln \text{PADIS} + d * \ln \text{NSTOP}(i) + \sum_{r=1}^R L_r * X_r$$

여기서 a, b, c, d는 推定되어야 할 模型의 說明變數 “파라메타”

TIME(i)는 i經路의 通行時間(分)

COST(i)는 i經路의 通行費用(원)

APDIS(i)는 i經路中 本線街路까지의 接近距離(KM)

NSTOP(i)는 i經路의 總停車回數

Kr은 經路에 관한 “더미” 變數(0 or 1)

Lr은 推定되어야 할 經路上 特徵을 說明하는 “더미”變數의 “파라메타”

이에따라 本 研究를 위하여 제시된 模型構造는 다음과 같이 要約될 수 있다.

$$P = \frac{\exp(a \ln \text{TIME}(i) + b \ln \text{COST}(i) + c \ln \text{APDIS}(i) + d \ln \text{NSTOP}(i) + \sum_{r=1}^R L_r X_r)}{\sum_{j=1}^J \exp(a \ln \text{TIME}(j) + b \ln \text{COST}(j) + c \ln \text{APDIS}(j) + d \ln \text{NSTOP}(j) + \sum_{r=1}^R L_r X_r)}$$

2. 模型의 整算技法

이와같은 模型의 “파라메타”를 整算하는 技法으로 널리 活用되는 技法의 하나가 最尤推定法(Maximum Likelihood Estimation)인데 本 研究에서는 “로-짓” 模型의 推定方法으로 MLE를 사용하였다. 그 理由는 最少自葉法(LSM)에 의해 推定된 係數(Parameter)의 값은 非一貫性(Inconsistent) 혹은 統計學的으로 非効率的(Inefficient)이며 偏向(Biased)되어 있기 때문이다. 1920年代 휘셔(R. A. Fisher)에 의해 開發된 最尤推定法은 非線型 模型開發時 다른 方法에 의한 推定值(Estimator)보다 比較적 効率的인 推定值를 제공

하여 주기 때문에 자주 사용되고 있으며¹¹⁾ 또한 이 方法에 의해 얻어진 推定值는 標本크기가 增大됨에 따라 係數를 중심으로 正規分布를 이루게 되는 편리한 特性을 갖게 된다.

따라서 本 研究에서 제시한 “로-짓” 模型 “파라메타”를 推定하는 方法으로 尤度函數를 極大化하는 方案이 適合하다고 판단되었으며 관측된 標本값들을 얻을 수 있는 可能性을 나타내는 函數를 尤度函數(Likelihood 타내는 -tion)로 하였다.

“로-짓” 模型의 尤度函數는, 個人 q가 代案 i를 選擇할 確率이 P_{iq}로 나타낼 때 다음과 같이 표현되며,

$$L = \prod_{q=1}^n P_{1q}^{n_1} * \prod_{q=n_1+1}^{n_1+n_2} P_{2q}^{n_2} * \dots * \prod_{q=Q-n+1}^Q P_{jq}^{n_j}$$

實際觀測值 fig=1은 代案 j가 選擇되었을 경우이고, fig=0은 그렇지 않은 경우로 놓으면 위의 式은,

$$L = \prod_{q=1}^Q \prod_{j=1}^J P_{jq}^{fig_{jq}}$$

이 尤度函數의 양변에 對數(Logarithm)를 취하면 對數尤度函數(Log Likelihood Function)로 표현될 수 있으며 이 對數函數를 最大로 하는 變數의 값을 찾는 것이 有效적이다. 따라서 本 研究에서 사용한 對數尤度函數는 $L * = \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^J fig_{jq} * \ln P_{jq}$ 로 표현되며 P_{iq}를 위의 式에 대입하여 각각의 구하고자 하는 係數에 대하여 偏微分을 하고 이를 “0”으로 놓고 計算을 하면 구하고자 하는 係數를 얻을 수 있다.

이때 이용되는 技法에는 컴퓨터에 의한 數值解析의인 反復計算法(Numerical Methods of Iterative Searching Procedures)이 사용된다. 現在 活用 可能한 方法에는 “Newton-Raphson”, “Davidson-Fletcher-Powell”, 혹은 “Fletcher-Reeves”등이 있는데 本 研究에서는 研究者의 經驗을 토대로 “Fletcher-

Reeves”기법을 사용하였다. “Fletcher-Reeves”技法の 内容を 要約하면 다음과 같다.

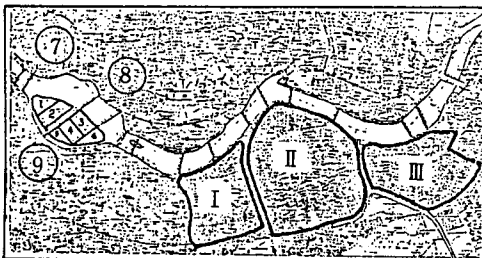
- (1) 係數값의 測定
- (2) 係數에 대한 偏微分 計算
- (3) 가장 큰 偏微分 값으로 係數값의 變化에 대한 量을 決定
- (4) 偏微分の 값이 “0”으로 向하게 하는 方向으로 係數값의 變化를 決定
- (5) (1)-(4)의 過程을 되풀이 하여 偏微分이 0이 되거나 0에 충분히 가까워지면 作業을 중단.

III. “로-짓” 路線選擇模型的 定立

1. 事例地域 設定 및 標本數의 決定

1) 事例地域의 設定

本 研究의 調査對象地域으로는 서울市の 主要 아파트團地가 立地하고 있는 瑞草區, 江南區, 松坡區地域을 起點으로 選定하였고 商業 및 業務施設이 立地하고 있는 汝矣島 및 그 周邊地域으로 調査地域을 設定하였으며 이에 따라 서초지역을 交通市場 I로 강남지역을 交通市場 II로 그리고 송파지역을 交通市場 III으로 定하였다.



범례
 I 서초지역 III 송파지역 7 외곽 I
 9 외곽III II 강남지역 1~6여의도 지역
 8 외곽II

〈圖 1〉 事例地域

2) 標本數의 決定

올림픽 期間을 中心으로 얻어진 資料는 모두 450通行으로 약간의 調整이 필요한데 이는

3個의 調査地域(서초, 강남, 송파)에서 調査된 資料들이 각 地域의 通行特性을 대표하여야 하기 때문에 面積이 작은 地域에서 다수의 標本이 추출되었을 경우 편기(Biased)현상이 생기기 때문이다. 따라서 아래의 <表 1>과 같이 模型에 入力될 標本數를 面積의 比率로 調整하였다.

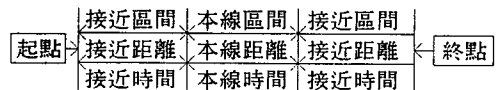
〈表 1〉 標本數의 測定

項目 地域	서 초	강 남	송 파	合 計
面 積 (K M)	13.258	17.667	10.242	41.17
面 積 比 率	0.32	0.42	0.26	1.00
標 本 數	225	135	90	450
測定된 標本數	99	135	81	315

2. 說明變數의 選定 및 “파라메타”의 推定

1) 說明變數의 設定

本 研究에서는 아래의 <圖 2>과 같이 路線 通行의 構造를 定義하였으며 이에 따라 說明變數는 本線距離, 接近距離, 本線時間, 接近時間, 費用, 停車回數 그리고 3個 路線 “더미” 變數로 하여 資料를 蒐集하였고 模型에 入力될 最適 說明變數는 通行者는 總 時間과 接近距離가 커지고 停車回數, 費用등이 많아질 수록 그 路線을 利用하는 選擇確率은 낮아진다는 前提下에 本線 時間과 接近距離을 合하여 總時間으로 만들고 總時間과 費用 및 3個 路線 “더미” 變數를 입력하여 模型 I로, 總時間, 接近距離, 3個 路線 “더미” 變數를 입력하여 模型 II로 그리고 總時間, 接近距離, 停車回數 및 3個노선 “더미 變數”를 입력하여 模型 III으로 開發하였다.



〈圖 2〉 路線通行의 構造

2) 模型의 “파라메타” 推定

模型의 “파라메타” 推定은 “Fletcher-Reeves” 기법을 사용, 연구자가 KAIST에서

개발하여 釜山市 綜合交通計劃에 사용한 바 있는 컴퓨터 프로그램을 통해 실행하였다.

交通市場別 模型의 推定은 調査된 交通市場別 標本數의 全體를 入力하였고 無區分한 자료의 推定은 편기현상을 방지하기 위하여 앞에서 調整된 標本數로서 推定하여 全地域模型으로 開發하였다.

한편 앞서 전제한 대로 接近距離가 本線距離보다 커지게 될 경우 그 路線의 이용이 저하되고, 또 停車回數가 많은 路線 역시 이용이 저하될 것이라는 논리에 따라 交通市場別 혹은 全地域 資料를 模型別로 推定하였으며 이에 따른 交通市場別 各 模型別 推定結果는 다음과 같다.

〈表 2〉 模型의 推定結果

模型	變數	交通市場Ⅰ(서초)		交通市場Ⅱ(강남)		交通市場Ⅲ(송파)		全地域	
		계수의 값	R ²	계수의 값	R ²	계수의 값	R ²	계수의 값	R ²
模型Ⅰ	TIME	-2.49196		-2.97190		-0.92661		-2.01360	
	COST	-0.16490		0.95183		-0.26570		-1.96748	
	DOLYM	0.01893	0.48	0.95949	0.52	2.23036	0.67	0.84201	0.48
	DSRR	0.62408		-0.67587		-3.15598		-0.09783	
	DNRR	-0.64300		-0.28362		0.92562		-0.74418	
模型Ⅱ	TIME	-0.42788		-0.51891		-2.10754		1.06923	
	APDIS	-1.42811		-1.48870		-6.44194		-2.97272	
	DOLYM	-0.28802	0.51	0.55555	0.53	0.89007	0.89	0.04614	0.61
	DSRR	0.62410		-0.00519		-1.35584		0.62295	
	DNRR	-0.33608		-0.55037		0.46577		-0.66910	
模型Ⅲ	TIME	-0.41830		-0.72176		-2.43109		1.46031	
	APDIS	-1.44517		-2.49894		-7.08992		-3.59099	
	NSTOP	-0.11665	0.51	1.88871	0.56	-0.29710	0.89	1.17765	0.62
	DOLYM	-0.22081		0.56748		0.81044		0.04565	
	DSRR	0.60412		-0.73305		-1.20295		0.19203	
	DNRR	-0.38310		0.16558		0.39251		-0.23767	

여기서 TIME=總 時間, COST=費用, APDIS=接近距離
 DOLYM=올림픽 大路 “더미” 變數
 DSRR=顯忠路 “더미” 變數
 DNRR=北江邊道路 “더미” 變數
 R²값은 ρ²와 유사한 概念으로 實際値와 模型推定値의 관계에서 計算함

$$\left(\text{즉, } R^2 = 1 - \frac{\text{Unexplained Variance}}{\text{Total Variance}} \right)$$

3. 定立된 模型의 評價

1) 交通市場Ⅰ

模型Ⅰ은 反復回路 20회가 지난후 얻어진 結果로 〈表 2〉에서 보여주고 있는 바와 같이 通行時間과 通行費用의 증가는 通行者의 路線 選擇으로부터 얻어지는 效用을 감소시키는 負

의 係數값을 갖는다는 것을 보여주었다. 한편 通行時間과 通行費用이 모두 負의 係數값을 나타내기는 하지만 通行費用보다는 通行時間이 더 큰 負의 係數값을 나타내어주고 있음도 알 수 있다. “더미” 變數中 올림픽大路는 매우 적은 陽의 係數값을 나타내는데 이는 他

道路에 비해 設計基準速度와 實際速度의 차이가 적기 때문 발생한 결과(차가 심한 경우 + 나-의 係數에 의한 加重値가 크게 나타남)라 보이며 앞으로 盤浦地域 流入 “램프”가 해제 될 경우 본 加重値는 영향을 받을 것으로 예상된다. 그리고 顯忠路가 他 道路보다 큰 係數값을 갖는 이유는 設計基準速度에 의한 計算値에 편차가 많아서 크게 발생한 것이다.

模型 II는 反復回路 7회가 지난후 結果이며 模型 I에서 抽出된 가정인 接近距離를 模型에 입력하여 推定되었다. 여기서 接近距離에 대한 係數값은 通行時間보다도 더 큰 負의 係數값을 나타내고 있다. “더미” 變數中 올림픽 대로가 模型 I보다 더 큰 負의 係數값을 보이고 있는데 이는 交通市場 I에서 올림픽 大路를 이용하려 할 경우 漢南大橋 流入 “램프”까지 接近距離가 커져야 하기 때문이라 생각된다.

模型 III은 反復回路 7회가 지난후 얻어진 結果로 模型 II은 停車回數를 포함하여 模型에 입력하여 보았다. 이에 나타난 結果로 停車回數 역시 負의 係數값을 갖음을 알 수 있다.

2) 交通市場 II

模型 I은 反復回路 17회가 지난후 얻어진 結果로 通行費用이 양의 係數값, 顯忠路 “더미” 變數가 負의 係數값을 나타내었는데 이는 通行費用보다는 通行時間이 路線選擇에 있어서 通行者의 주된 인자이기 때문으로 생각된다.

模型 II는 반복회수가 6회가 지난후 얻어졌으며 交通市場 I의 模型 II와 같은 현상을 보이며, “더미” 變數中 올림픽대로는 陽의 係數값, 顯忠路는 음의 係數값을 갖음을 알 수 있는데 이는 올림픽大路가 여타의 道路에 비해 通行時間을 많이 줄여주기 때문이라 생각된다.

3) 交通市場 III

模型 I은 反復回數가 10회가 지난후 얻어진 結果이며 역시 通行費用보다 通行時間이 더 큰 負의 係數값을 나타내었고 “더미” 變數中 顯忠路만이 負의 係數값을 지니는 것은 交通市場 I의 模型 I과 같은 이유라고 생각되며

송파지역의 R^2 값은 매우 높은 수준으로 도출되었다.

模型 II는 反復回數 12회를 지난후 얻어진 結果이며 模型의 R^2 값은 역시 매우 높은 수준으로 도출되었다.

模型 III은 反復回數 8회가 지난후 얻어졌으며 通行時間, 接近距離, 停車回數의 係數가 모두 음의 係數값을 지니고 있으며 “더미” 變數中 올림픽 대로가 陽의 係數값을 지니고 있는 것으로 보아 通行時間, 接近距離, 停車回數가 路線選擇에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 판단된다.

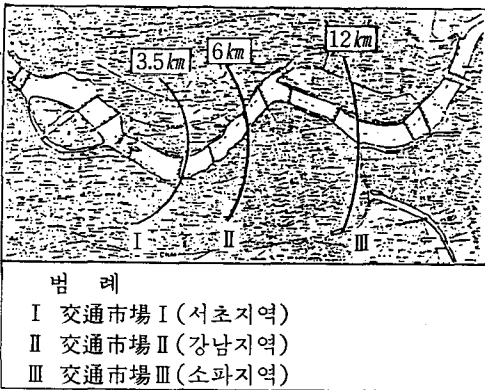
4) 全地域

交通市場分轄을 하지 않은 無區分의 模型分析은 앞에서 說明하였듯이 調整된 標本數로써 模型을 推定하였으며 調整된 各 交通市場 I이 9회, 模型 II가 10회, 模型 III이 14회가 지난후 얻어진 結果이다.

앞의 交通市場 I, II, III을 토대로 交通市場 分割을 하지 않은 無區分을 전체적으로 살펴볼 때 두드러지게 나타나는 현상으로는 一般의 通行費用이 通行時間보다 적은 係數값을 나타내고, 接近距離는 큰 負의 係數값을 지닌다는 점이다.

한편 全體의인 R^2 값을 살펴볼때 交通市場 I은 模型別로 0.48, 0.51, 0.51, 交通市場 II는 각각 0.52, 0.53, 0.56, 交通市場 III은 0.67, 0.89, 0.89로 나타났으며 이는 通行時間이 커질수록 確率의 選擇模型이 더욱 민감해 진다는 것을 알 수 있는데 各 交通市場別 模型 II의 係數값을 살펴보면 -0.42788 , -0.51891 , -2.10754 로 通行時間이 커질수록 負의 係數값이 큰 영향을 미치고 있다는 것은 이를 뒷받침하여 주고 있으며 R^2 에 의해 交通市場 II까지가 選擇行態에 둔한 現狀을 보이고 交通市場 II부터는 選擇行態에 민감한 반응을 보인다는 것을 알 수 있다. 目的地로부터 各 交通市場別 距離를 살펴보면 다음의 <圖 4>과 같으며 구체적으로는 通行距離가 약 6km 이상이 되면 確率의

選擇模型인 “로-짓” 路線選擇模型이 有效하며 그 이하가 되면 기존의 諸 模型들과의 比較 判정이 어렵지 않나 생각된다. 이는 통행경로 選擇에 있어서 짧은 旅行의 경우(本 研究 結果는 6km 이하)에는 選擇行態를 豫測하기 힘들어지며 그때의 狀況의 變數, 예를 들면 交叉點의 信號가 주는 進行方向, 個人別 道路의 熟知度, 실제보다는 豫相混雜度가 주는 영향 등에 따라 選擇行態가 임의로 결정되고 있음을 시사한다 하겠다. 앞으로 6km 이내의 短距離 通行에 관한 研究가 더 많은 事例를 가지고 있어야 할 것으로 思料되며 그때까지는 어느 特定技法의 有效性을 주장하기는 어려울 것으로 보인다.



〈圖 4〉 交通市場別 距離

IV. 結 論

路線選擇行態에 관한 模型化方案도 交通手段選擇行態와 같은 理論으로 가능하다고 보고 多項 “로-짓” 模型을 定立하여 본 結果 다음과 같은 몇가지 사실을 結論으로 導出할 수 있었다.

첫째 交通時間의 需要彈力度(Elasticity) 側面에서 볼 때 路線選擇이 交通手段選擇 경우보다 훨씬 더 민감하다고 나타났으며 (-0.84 → -0.92 ~ -2.97) 이는 目的地選擇보다 交通手段選擇이 더 민감하다는 研究結果와 比較할

때 매우 흥미로운 사실을 제공한다.)

둘째, 分析對象地區의 크기가 작을 경우 (起終點 通行距離가 6km 以內일때) 路線選擇 行態는 本 研究에서 다른 變數들(通行時間, 費用, 接近距離, 停車回數, 등)만으로 설명하기 어려운 任意性이 높은 것으로 밝혀졌다. 즉 通行路의 選定은 그때 그때의 狀況變數에 따라 可變的일 수 있으며 短距離通行일수록 選擇行態를 豫測하기 어렵다.

셋째 個人別 選擇行態를 累積하여 街路通量으로 換算할 경우에는 <表 3>에서 보는 바와 같은 만족할 만한 推定值를 제공하고 있다. 이는 個人別 選擇確率計算에서 發生하고 있는 誤差가 合計할때 累積되지 않고 서로 상쇄되고 있음을 發見케하는 사실인데 人口豫測 등에서 경험하고 있는 사실과 유사한 현상의 한 형태라 여겨진다. 따라서 個人行態模型上的 結果를 路線에 따라 累積하여도 큰 無理가 없을 것으로 思料되며 이를 위하여 實證的인 연구가 앞으로 必要하다 하겠다.

〈表 3〉 利用路線度數의 調查值와 模型值 比較

()안은 比率

區 分	올 립 껍		顯 忠 路		北 江 邊	
	調查值	模型值	調查值	模型值	調查值	模型值
瑞草	38 (0.17)	40.44 (0.18)	139 (0.62)	135.94 (0.60)	48 (0.21)	48.61 (0.22)
江南	90 (0.67)	88.68 (0.65)	21 (0.16)	19.49 (0.14)	24 (0.18)	27.44 (0.20)
松坡	70 (0.78)	70.54 (0.78)	0 (0.00)	0 (0.00)	20 (0.22)	19.20 (0.22)
全地域	170 (0.54)	169.28 (0.54)	88 (0.28)	88.86 (0.28)	57 (0.18)	58.86 (0.18)

參 考 文 獻

1. Ben-Akiva, M. Structure of Passenger Travel Demand Models, Ph. D. Dissert-

- tation, Dept. of C. E. MIT, 1973
2. Lerman, S. R. *A Disaggregate Behavioral Model of Urban Mobility Decisions*, Ph. D. Dissertation, Dept. of C. E. MIT, 1975
 3. Lee, I, *Public Transit Network Design with a Joint Destination and Mode Choice Model*, Ph. D. Dissertation, Dept of C. E. Northwestern University, 1978.
 4. Lee. I. "Applied Joint Choice Models : the Korean Exprience" *Proceeding of Pacific RSA*. 1984.