

特急과 高速버스 利用者의 手段選定行態에 관한 經驗的 研究

Empirical Study on the Mode Choice Behavior of Travelers
by Express Bus and Express Train

金 京 煥*
Kim, Kyung Whan

Abstract

The purposes of this study are to analyze/model the mode choice behavior of the regional traveler by express bus/express train and to offer useful source in deciding the public transportation policy.

The data analyzed were trips of both modes from March, 1980 to November, 1981, between Seoul and other nineteen cities; the data were grouped as five groups according to the change of service variables. Service variables were travel time(unit: minute), cost(:won), average allocation time(:won), service hour(:hour), and dummy variables by mode. As model Logit Model with linear or log utility function were postulated.

As the result of this study, some reseanable models were constructed at Model Type I(eq. 2. of this paper) based on the above data except the dummy. It was judged that the parameters calibrated by Group III and Group IV data in table 4. were optimal. Among the parameters, the parameter of travel cost was most reliable. There was a tendency preferring express bus to train in October and November. With the constructed model and Pivot-Point Method, the demand change of express train caused by the service variables' change could be forecasted over 99%.

要 旨

本 研究의 目的은 特急과 高速버스 利用者의 手段選定行態(mode choice behavior)를 分析하고 模型을 開發하여 交通政策決定의 資料를 提供하는 데 있다.

基本資料로는 1980年 3月부터 1981年 11月까지의 서울과 地方 19個都市間 手段別 輸送實績이 收集되었으며, 旅行時間, 旅行費用, 平均配車間隔, 1日運行時間, 手段別 假變數를 變數로 하고 線形 및 對數效用函數를 利用한 Logit 模型에 의하여 分析되었다.

本 研究의 結果, 本文 式 2.의 Type I 模型에서 가장 좋은 結果를 얻었으며, Group III, IV의 媒介常數가 最適으로 判斷된다. 推定된 媒介常數중 " β "의 값이 가장 信賴할 수 있었으며, 10. 11月에는 特急보다 高速버스를 選好하였다.

* 正會員 · 慶尙大學校 工科大學 土木工學科 專任講師

開發된 模型과 Pivot-Point Method 에 의하여 서비스 變數의 變化에 따른 需要의 變更을 $R=0.99$ 이상으로 豫測할 수 있었다.

1. 序 論

交通手段選定에 있어 利用者의 特定手段選擇을 說明하는 一般의인 理論的 背景은 다음과 같은 假定이다. 즉, 利用者가 個人이거나 集團이든 交通手段들의 特性과 利用者 自身の 特性에 依하여 利用可能한 手段들 중 理想的인 한 手段을 擇하게 된다는 것이다.

이러한 理論을 計量化하여 實際의 交通計劃에 使用된 手段選定模型(modal split model)의 變遷過程⁽¹⁴⁾을 보면 1950 年代에서 1960 年代 初까지 施行된 交通計劃에서는 經驗의으로 導出된 單純한 關係들이 手段別需要推定에 使用되었다. 즉, 두 地域이나 地區間의 各 交通手段利用者의 比率과 交通手段 및 利用者特性들 중 몇개의 指數를 擇하여 이를 사이에서 函數關係가 導出되었다. 이러한 手段選定模型의 3 가지의 基本類形은 回歸分析(regression analysis), 轉換曲線(diversion curve), 元單位分析(category analysis)이며 이러한 模型을 傳統的 模型(conventional model)이라 한다. 이러한 模型들은 旅行費用의 引上이나 旅行時間의 變更에 따른 手段別分擔率의 變化를 適節히 나타낼 수 없었다.

1960 年代의 一般화된 費用(generalized cost)이나, 非效用(disutility) 혹은 效用(utility)의 概念이 利用者들의 手段選定行態를 理解하는 데 커다란 改善을 가져왔다. 이 단계에서는 利用者가 모든 利用可能한 手段이나 그 手段들의 特性 및 自身들의 效用函數에 대하여 完全한 情報를 가지고 있다고 보았다.

1970 年代에 個別旅行者나 유사한 特性을 가진 集團의 手段選定行態(mode choice behavior)와 random utility 를 기초로 한 模型이 開發되기 시작하였다. 利用者가 完全한 情報를 가지고 決定을 내리는 것이 아니라 그의 決定에는 random 要素가 있다는 것이다⁽¹⁰⁾. 이를 數式으로 나타내면,

$$U(x, s) = V(x, s) + \eta(x, s) \quad (1)$$

여기에서

U : 手段의 效用

V : 效用의 決定的(deterministic)成分

η : 效用의 random 成分

x : 手段의 特性

s : 個人的 特性

random 要素가 어떠한 分布를 하느냐에 따라 다른 模型을 얻게 된다. 이러한 模型을 個別的, 行態論的, 確率模型(disaggregate, behavioral, stochastic model)이라 한다.

以上에서 言及한 交通手段選定模型을 個別的 또는 集合的, 利用者의 效用에 대한 完全한 情報 有無에 따라 決定的(deterministic), 確率的(stochastic)으로 나누면 표 1과 같이 4 가지의 類形으로 나눌 수 있다⁽¹⁰⁾.

표 1.

	Deterministic	Stochastic
Disaggregate	Category I	Category II
Aggregate	Category III	Category IV

以上的 模型들은 주로 都市交通計劃에서 發達되었으나 地域交通計劃에도 利用되었다. 그러나 地域交通에서는 手段의 選擇對象이 소수이므로 通行端手段選定模型(trip-end modal-split model)이 특히 發達하였다. 1960 年代 美國의 都市間 交通計劃에서는 표 1의 Category III에 속하는 Quandt Baumol 模型과 McLynn 模型이 開發되었다.

國內에서는 1970 年代以後 KIST 를 선두로 近代的 技法에 의하여 서울, 釜山 등 大都市의 交通計劃이 研究되었으며, 大都市周邊의 地域交通計劃은, 首都圈 등, 都市交通計劃과 함께 다루어졌다. 이러한 計劃에서의 地域交通의 手段選定分析技法은 回歸式에 의한 手段別 發生交通量推定⁽¹⁾ 및 計劃家에 의한 分擔率의 推定 등이었다. 1980 년에 KIST 에서 研究한 純粹한 地域交通計劃인 大量貨物輸送體系改善 및 交通投資 最

適化方案研究⁽²⁾에서 地域間 旅客交通에 關하여 研究되었다. 이 研究에서는 回歸分析模型에 依하여 高速, 鐵道, 버스及 乘用車의 分擔率을 推定하였다.

本 研究에서는 都市交通研究에서 그 效率性이 可인정된 Logit 模型과 既存資料로부터 收集된 集合的 資料(aggregate data)로 표 1의 Category III, IV의 技法에 依하여 研究가 進行되었다.

1.1 研究의 範圍

手段은 地域大衆交通의 中樞를 이루며 가장 競爭的인 特急과 高速을 研究對象으로 하였으며 地域은 地域間 長距離交通의 多數를 이루는 서울과 地方 19個都市間을 대상으로 하였다. 交通體系의 變化가 交通發生에 影響을 미치나 發生交通量은 주어진 것으로 假定하였다. 路線 및 都市는 그림 1과 같다.

1.2 研究의 目的

서울과 地方 19個都市間 特急과 高速버스 利用者들의 手段選定時의 行態를 分析하여 그들의 特性을 把握하고 模型을 開發하여, 交通서비스 變數(앞에서의 交通手段特性을 供給者의 側面에서 交通서비스變數라 칭한다)의 變更에 따른 手段別需要를 豫測하고 公共政策決定의 資料를 提

供하고자 한다. 또한 國內에서의 關聯分野의 研究에도 寄與하고자 한다.

2. 資料蒐輯 및 分析

1980年 3月부터 1981年 11月까지의 手段別 月別 輸送實績을 收集하였으며, 本 研究가 月別 資料를 分析하였으므로 月中 一定期間의 需要가 全體容量을 超過하는 달과 月중 서비스變數가 變更된 달은 除外되었다. 서울과 各都市間의 兩方向通行量을 平均한 一方向通行量의 年, 月別 輸送實績은 表 2와 같다.

表 2에서 1981年度의 特急과 高速의 全體需要가 1980年度에 比하여 減少한 것은 鐵道의 高級化에 따라 特急의 通行回數가 減少되었기 때문이다.

同 期間 동안의 서비스變數의 變更內譯은 表 3과 같다.

이에 따라 資料를 다섯개의 Group으로 나누었으며, 그 期間은 다음과 같다.

Group I : 1980年 3~7月(5月 除外)

Group II : 1980年 10~11月

Group III : 1981年 3~5月

Group IV : 1981年 7~8月

Group V : 1981年 10~11月

表 2의 特急分擔率을 보면 Group內에서의 同質性和 Group間 差異點을 볼 수 있다. 特急의 우등화에 따라 特急의 分擔率은 점차 減少하는 現狀을 보이고 있다. 또한, Group V의 資料를 分析하면, 호남선의 경우 서비스變數에 變更이 없었는데도 Group IV에 比하여 特急分擔率이 減少하였다. 10, 11月에는 고속버스 선호경향이 있는 것으로 추정된다.

模型設定을 위한 說明變數(서비스變數)로서는 既存資料를 利用하여 收集이 可能한 다음의 變數들이 收集되었다.

- t_{jk} : 서울과 j 市間 k 手段에 의한 旅行時間(分)
- c_{jk} : " " " 旅行費用(원)
- w_{jk} : 서울과 j 市間 k 手段의 平均配車間隔(分)
- h_{jk} : " " " 日運行時間(첫차부터 막차까지의 間隔, 時).

特急의 配車間隔은 高速버스의 運行時間동안 運



그림 1.

表 2. 年, 月, 手段別 發送實績

年度	月	特 急	高 速	合 計	特急分擔率(%)	Group	
1980	3	572,584	849,219	1,412,803	40.27	I	
	4	585,448	867,446	1,452,894	40.30		
	6	509,229	766,516	1,275,745	39.92		
	7	586,263	845,807	1,432,070	40.94		
	1980	10	505,570	877,173	1,382,743	36.56	II
11		511,829	951,987	1,463,816	34.97		
1981	3	451,781	894,021	1,345,802	33.57	III	
	4	444,997	931,490	1,376,487	32.33		
	5	461,158	957,856	1,419,014	32.50		
	1981	7	447,245	889,386	1,639,631	33.46	IV
		8	547,339	1,092,504	1,639,843	33.38	
	1981	10	422,396	942,318	1,364,714	30.95	V
		11	393,915	937,961	1,331,876	29.58	

資料 : 交通統計年報, 鐵道廳.

表 3. 서비스變數變更 內譯

일 시	1980年 3月	'80年 8月	'80年 12月	'81年 6月	'81年 9月
內 譯	1. '80年 1月 特急料率引上 2. '80年 2月 高速 料率引上	1. 特急의 料率 20% 引上 2. 特急配車間隔 多少 調整	1. 高速버스 料率 12.5% 引上 2. 일부 特急 우 등으로 格上	1. 特急料率 11% 引上 2. 高速버스 料率 8% 引上	1. 京釜線 特急 일부 우등으로 格上
料 率 (w/km)	1. 特急 : 8.76 2. 高速 : 1~200 km : 10.52 201~400 : 9.63 401~ : 8.76	1. 特急 : 10.51 2. 高速 : —	1. 特急 : — 2. 高速 1~200km : 11.84 201~400 : 10.80 401~ : 9.85	1. 特急 : 11.67 2. 高速 : 1~200km : 12.79 201~400 : 11.69 401~ : 10.63	

資料 : 鐵道廳, 交通部

行한 特急의 運行回數로 高速버스의 運行時間을
나눈 平均配車間隔을 計算하였다.

3. 模型의 開發

3.1 模型의 選定

序論에서 言及한 바와 같이 在來技法의 缺點
을 補完하고 最近의 都市交通計劃에서 그 優秀
性이 인정된⁽¹³⁾ 行態論的 選擇模型 (behavioral
model)을 選定하였다. 前章에서 收集된 變數와
線形 및 變數를 對數化한 對數効用函數를 利用
한 Logit 模型으로 分析하였다. 本 研究에서는
計算의 便宜를 위하여 對數効用函數와 대등한

Cobb-Douglas 効用函數를 使用하였다. 代表的 세
模型은 다음과 같다.

Type I

$$\hat{T}_{jk} = T_j \cdot \frac{u_{jk}}{\sum_{m \in M} u_{jm}} \quad (2)$$

$$u_{jk} = t_{jk}^{\alpha} \cdot c_{jk}^{\beta} \cdot w_{jk}^{\gamma} \cdot h_{jk}^{\delta}$$

Type II

$$\hat{T}_{jk} = T_j \cdot \frac{u_{jk}}{\sum_{m \in M} u_{jm}} \quad (3)$$

$$u_{jk} = t_{jk}^{\alpha} \cdot c_{jk}^{\beta} \cdot w_{jk}^{\gamma} \cdot e^{d_k}$$

Type III

$$\hat{T}_{jk} = T_j \cdot \frac{\exp(u_{jk})}{\sum_{m=1}^M \exp(u_{jm})} \quad (4)$$

$$u_{jm} = \alpha \cdot t_{jk} + \beta \cdot c_{jk} + \gamma \cdot w_{jk} + d_k$$

여기에서, T_j 는 서울과 j 市間 總通行量, \hat{T}_{jk} 는 서울과 j 市間 交通手段 k 에 의한 推定通行量(estimated trips)이며, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 는 共通媒介常數(mode independent parameter), d_k 는 手段에 따른 媒介常數(mode dependent parameter), M 은 利用 가능한 交通手段으로 特急과 高速을 包含한다. 特急의 深夜運行은 手段別 媒介常數로 說明되어질 것으로 기대하였다.

3.2 媒介常數의 推定(Calibration)

媒介常數의 推定을 爲한 目的函數로서는 安定성이 높은 것으로 알려진⁽⁸⁾ 最尤法(Maximum Likelihood Method)을 選擇하였으며, 基本式은 式 5와 같다.

$$\max L = \prod_j \prod_k (\hat{T}_{jk}/T_j)^{T_{jk}} \quad (5)$$

여기에서, T_{jk} 는 實測通行量(observed trips), T_j 는 總通行量이다.

本 研究에서는 計算의 便宜上 式 5를 變形한

表 4. Group I 資料에 의한 模型類形別 媒介常數와 統計值

매개상수 및 통계치	Type I	Type II	Type III
α	-3.092	-4.506	-0.00700
β	-1.449	-1.621	0.000478
γ	-0.4189	-0.5136	-0.00357
δ	2.811	—	—
d_a	—	1.318	0.7696
d_b	—	0.6817	1.2304
R^2	0.956	0.909	0.907
χ^2	8.218×10^4	14.12×10^4	16.75×10^4
squared Residual sum	28.11×10^8	58.03×10^8	64.92×10^8

註: a: 침차 t는 特急, b는 高速버스를 가리킴.

表 5. Type I 模型에 의한 Group 別 媒介常數와 統計值

媒介常數 및 統計值	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
α	-3.092	-2.658	-2.729	-2.683	-2.799
β	-1.499	-2.136	-1.288	-1.123	-2.152
γ	-0.4189	-0.4190	-0.5547	-0.5310	-0.5290
δ	2.881	3.628	3.436	3.462	3.280
R^2	0.956	0.969	0.968	0.963	0.970

式 (5')를 使用하였다.

$$\min \pi = |L_n L| = \left| \sum_j \sum_k T_{jk} L_n (\hat{T}_{jk}/T_j) \right| \quad (5')$$

解法(solution technique)으로서는 安全性이 높은 것으로 알려진 順次深査法(sequential search method)에 의한 Simplex Method⁽⁴⁾, 効率的으로 알려진 傾斜深査法에 의한 Fletcher and Reeves Method⁽⁹⁾로 試算하여 効率的인 Fletcher and Reeves Method를 選擇하였다.

Group I 資料에 대하여 3 類形의 模型에 의한 媒介常數推定結果는 表 4와 같다.

表 4에서 보는 바와 같이 Type III 模型의 서비스變數, 旅行費用에 대한 媒介常數의 부호가 “+”로서 理論에 맞지 않으며, Type I, II 模型의 부호는 理論과 잘 맞으나 統計值를 比較할 때 Type I에서 보다 좋은 結果를 얻을 수 있었다.

Type I 模型으로 5개 Group의 資料에 對하여 媒介常數를 推定한 結果는 表 5와 같다.

4. 分析結果, 比較評價

表 5의 Group 別 媒介常數에서 各 各 '80年 10, 11月, '81年 10, 11月인 Group II, V의 媒介常數 “ β ”의 값이 다른 Group에 比하여 큰 것은 特急의 旅行費用이 大部分 高速버스보다 높으므로(高速道路는 鐵道에 比하여 直線으로 料率의 갈더라도 高速버스의 料率이 싸다), 資料分析에서 言及한 이 두 달에 利用者들의 高速버스 選好를 나타낼 수 있는 變數가 本 研究에서 考慮되지 않아 旅行費用에 나타난 것으로 推定된다. 그러므로, 이 두 달에는 高速버스 選好傾向이 있는 것으로 判斷된다. Group I, III, IV에서는 근사한 값을 나타내었다.

서비스變數의 分擔率에 對한 彈性에 의하여 模型을 檢正하면, 特急의 旅行費用(c_{jt})에 對한 特急의 分擔率(r_{jt})은 式 (6)과 같다.

$$Ec_{jt}(r_{jt}) = \frac{c_{jt}}{r_{jt}} \cdot \frac{\Delta r_{jt}}{\Delta c_{jt}} = \beta(1-r_{jt}) \quad (6)$$

旅行費用의 媒介常數 “ β ” 算出을 위하여 式 (6)을 고쳐쓰면 式 (7)과 같다.

$$\beta = \frac{1}{1-r_{jt}} \cdot \frac{c_{jt}}{r_{jt}} \cdot \frac{\Delta r_{jt}}{\Delta c_{jt}} \quad (7)$$

위 式을 利用하여 1980年 8月 特急의 料率단 20% 引上되고 特急의 平均配車間隔에 거의 變

更이 없는 대구, 이리, 목포, 남원, 진주, 대전의 “β” 값은,

대구 : -1.06 이리 : -1.41
 목포 : -1.11 남원 : -1.60
 진주 : -1.36 대전 : -1.04

으로 Group II, V를 除外한 模型에서의 推定値 -1.499, -1.288, -1.123에 근사한 값을 보이고 있다. 앞에서 言及한 10, 11月の 高速버스 選好現象을 감안하면 -1.499는 높게 나타났을 것으로 豫想된다. 表 4에서 基本模型으로 擇한 Type I 模型의 “β” 값이 보다 計算値에 가까웠다.

Group IV, V 資料에 의한 京釜線의 平均配車間隔의 媒介常數 “γ”를 計算하면,

$$\gamma = \frac{1}{1-r_{jt}} \cdot \frac{w_{jt}}{r_{jt}} \cdot \frac{\Delta r_{jt}}{\Delta w_{jt}} \quad (8)$$

대구 -0.956, 대전 -0.901로 模型에서의 推定値 -0.536 보다 상당히 크게 나타났으나, 10, 11月の 高速버스 選好現象과 特急의 우등화로 特急乘客의 우등에로의 轉換이 영향을 미친 것

으로 判斷된다. “γ” 값의 信賴性 檢正을 위하여는 보다 適節한 資料에 의한 研究가 要請된다.

또한, 模型으로부터 時間價値(VOT: value of travel time) 計算을 위한 式을 誘導하면 式 (9)와 같다⁽⁷⁾.

$$VOT = \frac{p_t}{t_b - t_t} \left[1 - \text{Exp} \left(\frac{\alpha}{\beta} \ln \frac{t_t}{t_b} \right) \right] \quad (9)$$

여기에서,

p_t : 特急의 旅行費用
 t_b : 高速버스의 旅行費用
 t_t : 特急의 旅行時間

式 (9)와 Group III 資料에 의한 대구, 광주의 VOT는 各各 28.0 w/min(296,000w/mon), 26.7 w/min(282,000w/mon)으로 나타났다. 참고문헌 12에 의하면, 휴가여행의 경우 VOT는 勞動時間價値의 1/2~1/2에 달하며, 여행의 目的에 따라 상당한 變化를 보이므로 앞으로의 이分野의 研究結果에 따라 本 研究結果가 檢討되어야겠다.

表 6. '81年 3~5月の 模型에 의한 '81年 7,8月の 豫測値와 實測値

City	Observed		Forecasted by Pivot-Point Method		Exp. Train's Modal Split Rate(%)	
	Exp. Train	Exp. Bus	Exp. Train	Exp. Bus	Observed	Forecasted
Cheonan	43185.	57445.	45775.	54855.	42.91	45.49
Daejeon	80880.	150439.	76792.	154527.	34.96	33.20
Yungdong	13022.	7441.	12756.	7707.	63.64	62.34
Gumi	17838.	18356.	16793.	19401.	49.28	46.40
Gimcheon	9405.	11791.	9438.	11758.	44.37	44.53
Daegu	59515.	126445.	56416.	129544.	32.00	30.34
Busan	114513.	97853.	111682.	100684.	53.92	52.59
Nonsan	12407.	13475.	12320.	13562.	47.94	47.60
Iree	26742.	36157.	26913.	35986.	42.52	42.79
Jeongeup	9461.	17841.	8596.	18706.	34.65	31.48
Gimje	10939.	34764.	10088.	35615.	23.93	22.07
Gwangju	20497.	187972.	21874.	186595.	9.83	10.49
Mokpo	23815.	22243.	22054.	24004.	51.71	47.88
Jeonju	10897.	98661.	11681.	97877.	9.95	10.66
Namweon	8492.	14431.	8114.	14809.	37.05	35.40
Suncheon	13995.	13760.	13328.	14427.	50.42	48.02
Yeosu	11260.	9896.	9907.	11249.	53.22	46.83
Masan	5990.	52172.	5300.	52862.	10.30	9.11
Jinju	4443.	19807.	4229.	20021.	18.32	17.44

表 7. PPM 에 의한 豫測值와 實測值의 比較

區 分	R ²	特急의 總分擔率		特急의 收入增加率	
		實 測	豫 測	實 測	豫 測
Group I 模型에 의한 Group II 豫測	0.996	35.7%	34.2%	+6.0%	+2.0%
Group III 模型에 의한 Group IV 豫測	0.999	33.4	32.5	+12.4	+8.8
Group V 模型에 의한 Group V 豫測	0.998	30.3	31.5	-8.3	-2.2

마지막으로 매개상수 δ 에 대한 檢正은 통금이 해제되어 고속버스의 운행시간이 연장된 1983년 자료에서 가능할 것이다.

表 5의 Group別 媒介常數의 推定值를 比較하면, 두 Group의 값이 거의 一致하는點과 “ β ” 값의 適合性, 實測值와의 統計值를 比較할 때 Group III, IV의 값들이 最適으로 判斷된다.

Pivot-point Method(PPM)로 Group III에 의한 Group IV의 推定值는 表 6과 같다.

PPM에 의한 예측치와 실측치의 比較結果는 表 7과 같다.

媒介常數推定에서 異質性을 보였던 10, 11月の 豫測에서도 R² 0.99 이상을 얻을 수 있었으며, 特急의 總分擔率에서는 實測值에 상당히 接近하는 反面, 總收入의 增加率에는 多少의 誤差가 있었다. 通行(trips) 自體보다 收入의 豫測을 위하여서는 別度 目的函數의 使用을 생각할 수 있다.

5. 結 論

서울과 地方 19個 都市間 特急과 高速버스의 手段選定模型(modal split model)으로 旅行時間, 旅行費用, 平均配車間隔, 1日運行時間 手段別 假變數를 變數로 하고 線型 및 對數 Logit 模型으로 研究한 結果 本文 式 (2)의 Type I에서 가장 좋은 結果를 얻었으며, 表 5의 Group III, IV의 媒介常數가 最適으로 判斷된다.

10, 11月에는 利用者가 特急보다는 高速버스를 選好하는 傾向이 있었으며 推定된 媒介常數의 값 중 “ β ”가 가장 信賴할 수 있었다.

開發된 模型과 Pivot-Point Method에 의하여 서비스變數의 變更에 따른 手段別 需要의 變化를 R²=0.99 이상으로 豫測할 수 있었으며, 特急의 總分擔率에 있어서도 實測值에 상당히 接

近하였다.

本 研究가 時間과 費用이 所要되는 現地調査를 實施하지 않고 既存資料에 의한 研究에서 多少의 結果를 얻을 수 있었다는 데 의의가 있다고 하겠다. 本 研究에서 考慮되지 못한 住居地와 터미널 및 역간의 旅行費用 등이 考慮된다면 보다 나은 結果를 얻을 수 있을 것이다.

謝 辭

本 研究에 指導의 말씀을 주신 서울大學校 박창호 교수님, 홍익대학교 이인원 교수님께 감사드립니다.

參 考 文 獻

1. KIST, 首都圈 長期綜合交通計劃에 關한 研究, 서울, 서울, 1978.
2. KIST, 大量貨物輸送體制改善 및 交通投資 最適化 方案研究, 交通部, 서울, 1980.
3. Anas, A., "The estimation of multinomial Logit Models of joint choice from aggregated data", *Regional Sci., Vol. 21, No. 2*, 1981, pp.223-261.
4. Batty, M., *Urban Modeling*, London, pp.175-206.
5. Domencich T.A. and FcFadden, D., *Urban Travel Demand*, Amsterdam, North-Holland, 1975, pp.33-99.
6. Gensch D.H., "A practical segmentation strategy to increase ride sharing", *Transpn. Res., Vol. 15A, No. 4*, 1981, pp.331~338.
7. Gronau R., "Economic approach to value of time and transportation choice", *TRB 587*, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1976, pp.1~5.
8. Kuest, J.L., and Mize, J.H., *Optimization Techniques with Fortran*, McGraw-Hill, New York,

- 1973, pp.297-355.
9. Lee, I., *Transportation Systems Planning: Generating the "Robust" Plan under Uncertainty*, Paper presented at the Int. Seminar on a Development Plan for the Seoul Metropolitan Region, Seoul Korea, August 1979.
 10. Manheim, M.L., *Fundamentals of Transportation Systems Analysis, Volum.1. Basic Concepts*, The MIT Press, MA, 1979, pp.91~162.
 11. Smith, D.P., and Hutchinson B.G., "Goodness of fit statistics for trip distribution models", *Trans. Res.*, Vol. 15A, No. 4, 1981, pp.295-303.
 12. Stopher, P.R., "Derivation of value of time from demand model", *TRB 587*, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1976, pp.12-18.
 13. Stopher, P.R. and Meyburg, A.H., *Urban Transportation Modeling and Planning*, Lexington Books, Lexington, MA, 1975, pp.273-317.
 14. Hutchinson, B.G., "Urban transport policy and policy analysis methods", *Transport Reviews*, Vol. 1, No. 2, 1981, pp.169~188.
 15. 金京煥, "Pivot-Point Method 에 의한 地域交通의 需要推定"; 慶尙大論文集(理工系篇) 第22卷, 1983. 2, pp.159~164.

(接受 : 1983. 5. 9)