

□ 論 文 □

交通需要變動을 內生化한 都市高速道路의 將來交通量豫測에 관한 研究

申 濟 澈

(東亞大學校 大學院 博士課程)

吳 允 杓

(東亞大學校 工大 都市工學科 教授)

目 次

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| I. 研究의 目的 | 1. 交通需要豫測 Model의 前提條件 |
| II. 研究의 內容 및 方法 | 2. 指標間의 正準相關分析 |
| III. 都市高速道路의 利用交通量 動向 | 3. 豫測 Model의 構築 |
| 1. 利用交通量 趨勢 및 現況 | 4. 轉換交通量의 內性化와 將來 交通量 豫測 |
| 2. 利用交通量의 通行特性 | 5. 將來 都市高速道路의 問題區間 分析 |
| 3. 都市高速道路의 問題點 | V. 結 論 |
| IV. 都市高速道路 將來 交通量의 豫測 | |

ABSTRACT

The purpose of this study is to construct a forecasting model involved in a diverted traffic volume of the 2nd intra-urban expressway in construction presently, in the case of the future prediction of traffic demand for the intra-urban expressway in Pusan.

In this study, the model involved in a diverted traffic volume is constructed trustworthy. And the future traffic demand of intra-urban expressway by this model was forecasted 114,005 volume/daily in 1996 and 147,090 volume/daily in 2001.

However, it will made a study more and more concretely for practicality and limitation as well as construction of the forecasting model considered an intrinsic problem of an observational error and necessity of survey for much more socio-economic data, the traffic volume on all road and OD pairs in Pusan.

I. 研究의 目的

都市高速道路(Urban Expressway)란 高密

도로 開發된 大都市에서 幹線街路上의 交通流 一部를 吸收·處理하므로써 混合 交通流에 의 하여 發生되는 幹線街路上의 交通混雜 및 停滯,

낮은 走行速度, 地域間 連結性 惡化 등의 諸般交通問題를 解消하고 都市外廓地域의 開發 促進등을 圖謀하기 위하여 建設되는 出入이 完全 制限되는 自動車 專用道路를 말한다.

釜山의 都市高速道路는 當初 釜山港에서 發生하는 大型貨物交通量 處理를 主目的으로 釜山港 擴張開發에 隨伴되어 增加되는 港灣物動量을 內陸地域으로 迅速, 圓滑하게 輸送하기 위한 貨物輸送專用道路로서 1977年 5月 13日 着工하여 1980年 10月 7日 竣工 되었다. 그러나, 現在는 急增하는 都市內의 自動車 需要가 本 高速道路를 大量 利用함으로서 本來의 建設目的에서 벗어난 利用形態를 露呈하고 있을뿐아니라, 急激한 都市內 車輛通行量의 增大로 都市高速道路의 交通容量에 近接하고 있는 狀況이다. 또한 將來 交通量의 急激한 增大가 豫想되고 있어서 將來 交通量의 推計와 이에 따른 對策 마련이 時急히 要求되고 있는 實情에 있다.

따라서 本 研究는 都市高速道路의 將來 利用 交通量을 推定함에 있어서, 釜山市가 計劃 建設하고 있는 東西軸의 第2都市高速道路가 開通되면 當然 本 高速道路에의 轉換交通量이 發生할 것으로 豫想되어 이들 轉換交通量 變動을 內生化한 將來 交通量을 豫測하여 都市 高速道路 問題解決을 위한 代案 構築에 有益한 情報를 提供함이 그 目的이다.

II. 研究의 內容 및 方法

本 研究는 釜山市 都市高速道路 門峴洞~久瑞洞間 總延長 15.7km를 對象으로 開通後 現在까지의 通行量 趨勢와 通行量 現況 通行實態 및 問題點 등을 調査分析하여 이를 基礎로 將來 交通量을 推定하였다.

都市高速道路의 將來交通量을 豫測하기 위하여 먼저 交通需要豫測 model의 前提條件과 指標間의 相關性을 分析하고 이를 土臺로 豫測 model을 構築하였으며 이때 轉換交通量을 內生化하여 將來交通量을 豫測하고 이에 의한

將來 都市高速道路 交通流處理上의 問題區間을 分析하였다.

本 研究의 目的을 達成하기 위해 都市高速道路의 交通量調査를 1988年 6月 16日(木)~19日(日)까지 <그림 1>과 같이 11個 地點에서 實施하였으며 그중 6月 17日(金)은 07:00부터 익일 07:00까지 24時間 交通量調査를 實施하였다. 交通量調査 項目은 車輛交通量 調査, 起終點調査, 通行目的 등으로 車輛交通量은 都市高速道路 2個地點, 都市高速道路流出人口 3個地點 總 5個 地點에 대하여 車種別 時間別 15分 間격으로 施行하였다. 그리고 利用車輛의 OD調査와 通行目的調査는 高速道路의 流出人口의 指定된 場所에서 通過車輛을 靜止시켜 運轉者를 對象으로 調査員이 直接 인터뷰 方式으로 實施하였다.

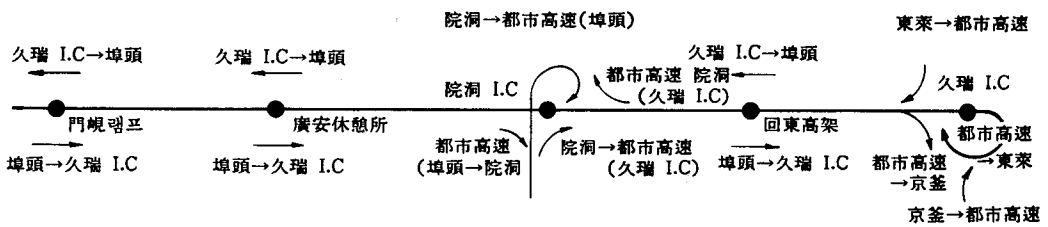
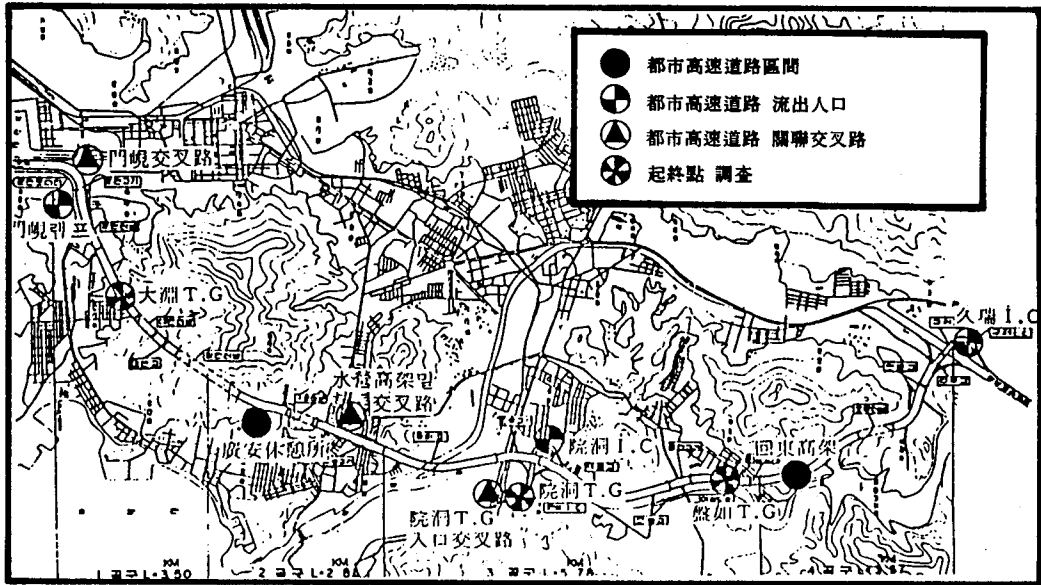
III. 都市高速道路의 利用交通量 動向

1. 利用交通量趨勢 및 現況

釜山市 都市高速道路의 年間利用 車輛台數를 <表 1>에서 보면, '87年 11,394,921台로 '82年對比 164% 增加하여 年平均 10.4%의 높은 增加率을 보이고 있으며 年交通量의 1日平均 交通量(AADT)도 '82年의 19,067台에서 '87年 31,219台로 63.7%가 增加하였다.

또한 都市高速道路 利用車輛의 車種別 分布는 '87年 現在 乘用車:「버스」:一般貨物車:特殊貨物車가 52.4:1.5:29.2:16.9의 比重을 보여 乘用車의 占有比重이 높은 反面「버스」의 占有比重은 '85年 急激히 減少하고 있다. 이러한 現象은 그동안 都心部에 立地하여 本 高速道路를 利用할 수 밖에 없었던 高速「버스」의 市內「터미널」이 郊外로 移轉한데 起因한 것으로 생각된다.

現在 都市高速道路를 利用하는 車輛通行量을 調査·分析한 結果, <그림 2>와 같이 通行量이 가장 많은 地點은 廣安休憩所로 久瑞方面으로 11,369台, 埠頭方面으로 11,470台가 通行한 것으로 나타났다.



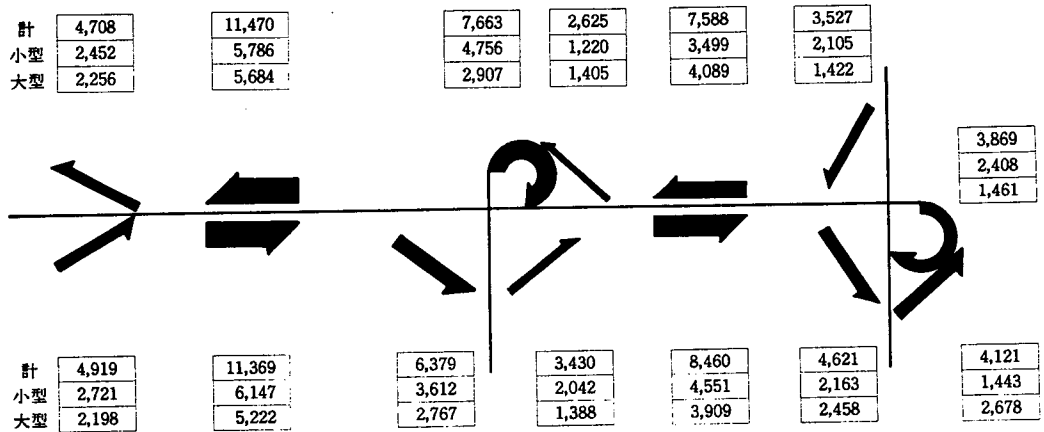
〈그림 1〉 都市高速道路와 調査地點 位置圖

〈表 1〉

釜山市 都市高速道路 通行量 趨勢

區 分	計	乘 用 車	버 스	一般貨物車	特殊貨物車	AADT
1982	6,959,507 (100.0)	2,788,750 (40.1)	815,560 (11.7)	2,230,923 (32.1)	1,124,274 (16.1)	19,067
1983	9,407,427 (100.0)	4,710,031 (50.1)	668,653 (7.1)	2,696,404 (28.6)	1,332,339 (14.2)	25,774
1984	10,645,837 (100.0)	5,611,106 (52.1)	462,925 (4.3)	3,001,325 (28.2)	1,570,481 (14.8)	29,087
1985	9,524,775 (100.0)	4,934,459 (51.8)	180,351 (1.9)	2,817,647 (29.6)	1,592,318 (16.7)	26,095
1986	9,508,732 (100.0)	4,834,096 (50.8)	151,212 (1.6)	2,825,281 (29.7)	1,698,143 (17.9)	26,050
1987	11,394,921 (100.0)	5,968,661 (52.4)	176,372 (1.5)	3,323,929 (29.2)	1,925,959 (16.9)	31,219
年平均 增加率 (%)	10.4	27.2	△20.3	15.7	16.1	10.4

資料：釜山市 都市高速道路 管理所, 1988.



註: · 小型은 乘用車 및 小型버스, 大型은 그외 모든 車種임.
 · 12時間 通行量으로 3日平均值임.

〈그림 2〉 方向別 通行量圖

그리고 曜日別 通行量 變化는 <表 2>에서와 같이 金曜日에 比較的으로 높은 分布를 보이고 있으나 埠頭→久瑞方向의 院洞 I.C~久瑞

I.C區間에서는 日曜日通行量이 가장 높게 나타났다.

〈表 2〉 曜日別 地點別 通行量 現況

埠頭→久瑞方向

(單位: 台)

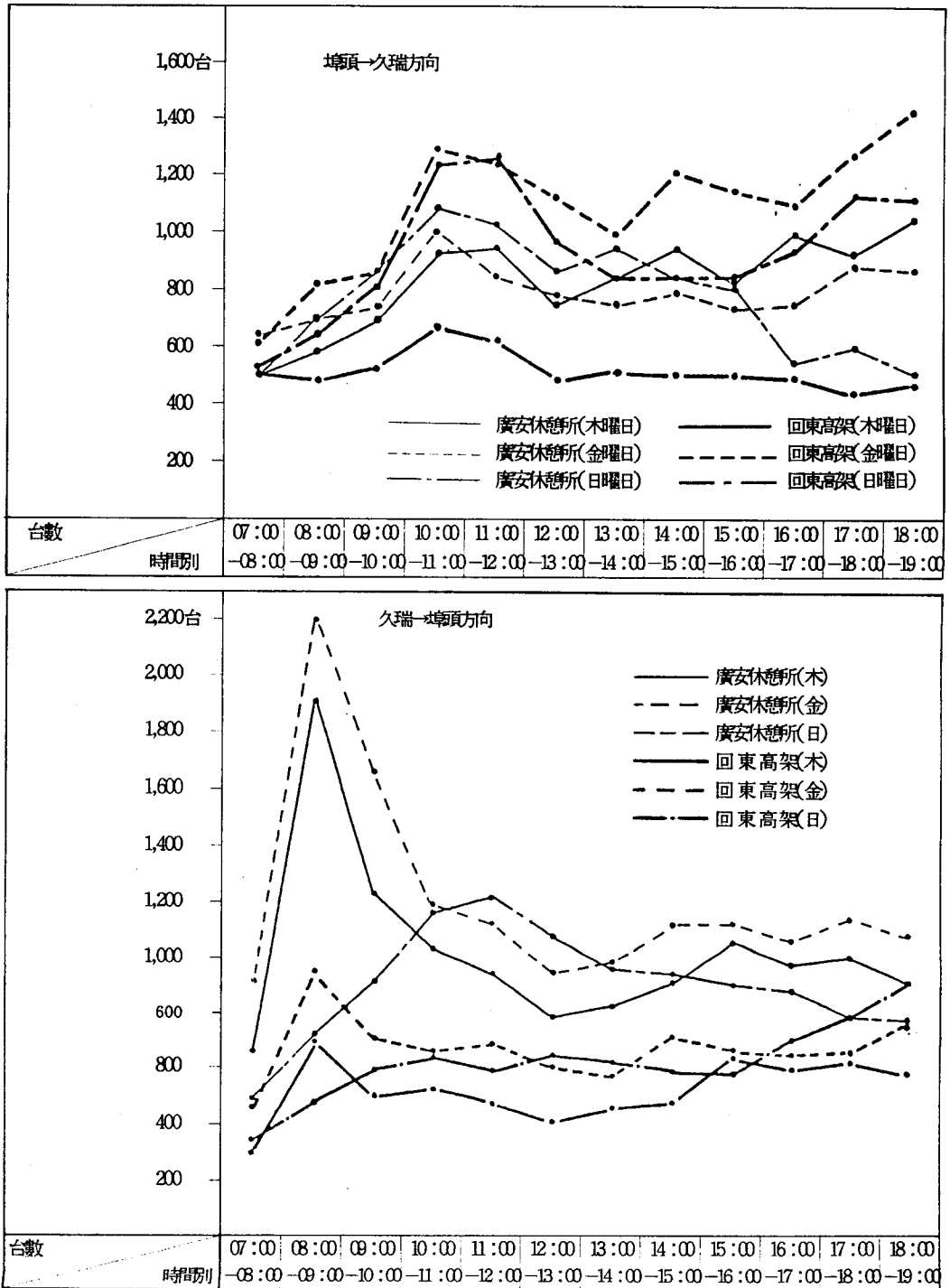
區 分	門峴램프	廣安休憩所	院洞인터체인지		回東高架	久瑞인터체인지	
			院 洞→ 都市高速	都市高速 →院 洞		都市高速 →京 釜	都市高速 →東 萊
平 均	4,919 (100.0)	11,369 (100.0)	3,430 (100.0)	6,379 (100.0)	8,460 (100.0)	4,621 (100.0)	3,869 (100.0)
木 曜 日	4,564 (92.8)	9,960 (87.6)	2,849 (83.1)	6,580 (103.2)	6,311 (74.6)	3,183 (68.9)	3,069 (79.3)
金 曜 日	5,461 (111.0)	13,047 (114.8)	3,465 (101.0)	7,082 (111.0)	9,477 (112.0)	4,729 (102.3)	4,814 (124.4)
日 曜 日	4,737 (96.3)	11,099 (97.6)	3,977 (115.9)	5,461 (85.6)	9,592 (113.4)	5,949 (128.7)	3,723 (96.2)

久瑞→埠頭方向

(單位: 台)

區 分	門峴램프	廣安休憩所	院洞인터체인지		回東高架	久瑞인터체인지	
			都市高速 →院 洞	院 洞→ 都市高速		京 釜→ 都市高速	東 萊→ 都市高速
平 均	4,708 (100.0)	11,470 (100.0)	2,625 (100.0)	7,663 (100.0)	7,588 (100.0)	4,121 (100.0)	3,527 (100.0)
木 曜 日	5,129 (108.9)	12,512 (100.4)	2,137 (81.4)	8,118 (105.9)	6,557 (86.4)	3,354 (81.4)	3,254 (92.3)
金 曜 日	5,550 (117.9)	14,847 (129.4)	2,805 (106.9)	9,163 (119.6)	8,414 (110.9)	4,932 (106.6)	4,019 (113.9)
日 曜 日	3,456 (73.4)	10,628 (92.7)	2,932 (111.7)	5,705 (74.4)	7,782 (102.6)	4,620 (112.1)	3,306 (93.7)

註: 07:00~19:00까지의 12時間 總交通量임.



<그림 3> 時間帶別通行量變化圖

또한 時間帶別 通行量變化를 分析한 結果 <그림 3>과 같이 曜日別·地點別로 通行量 變化가 심하게 나타나 埠頭→久瑞方面은 平日, 日曜日 區分없이 全調査地點에서 10:00~12:00帶에 比較的 많은 通行량이 集中되고 있으며 久瑞→埠頭方向에서는 平日은 08:00~10:00帶, 日曜日是 全時間帶에 比較的 높은 分布를 보여 都市交通에서 一般의 概念의 Peck Hour(07:00~09:00, 17:00~19:00) 概念이 本 都市高速道路에서는 適用되지 않는 現象을 보이고 있다.

2. 利用交通量の 通行特性

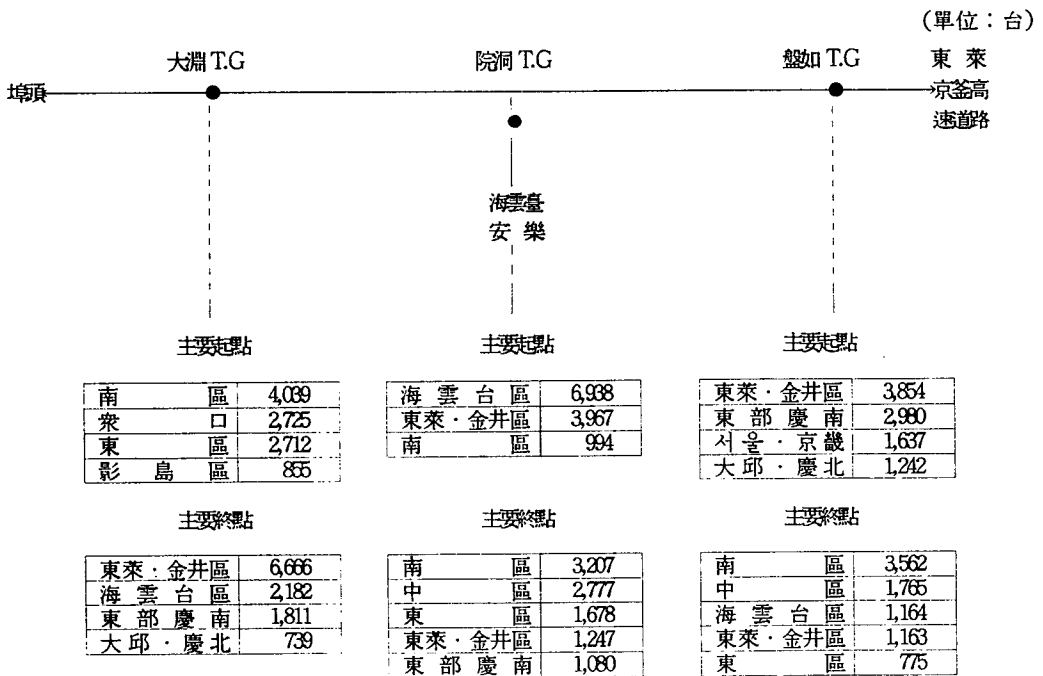
都市高速道路 進入部인 3個 J.G에서 運轉者를 對象으로 直接 Interview 調査한 利用車輛의 起終點(O.D交通) 分析結果는 <그림 4>와 같이 都市高速道路區間中 埠頭-院洞 I.C 區間에서는 都市內 地域間을 連結하는 市內通行量の 比重이 높고 院洞 I.C~久瑞 I.C 區間에서는 都市外 地域間을 連結하는 市內外通

行量の 比重이 높게 나타나고 있다.

따라서 都市高速道路를 利用하는 車輛의 O.D 交通分布特性을 綜合的으로 分析하면 都市高速道路는 都市內外間 交通을 處理하는 主要機能을 擔當하고 있으나 都市內에 立地한 埠頭-院洞 I.C 區間에서는 都市內 地域間 貨物 및 사람 輸送機能도 同時に 擔當하고 있는 것으로 나타났다.

한편 都市高速道路 通行車輛의 通行目的別 分布는 3個 T.G 모두에서 業務通行의 比重이 76.5%로 가장 높고 다음은 出退勤通行이 15.2%를 占하는 것으로 나타나고 있다.

그러나 T.G別 通行目的別 分擔率은 各各 달라 大淵 T.G의 경우 業務通行 86.3%, 出退勤通行 9.6%, 盤如 T.G는 業務通行 79.2%, 出退勤通行 12.7%로 業務通行의 比重이 높으나 院洞 T.G의 경우는 業務通行이 64.8%, 出退勤通行이 22.7%로 他 T.G에 비해 出退勤通行의 比重이 2倍에 達하고 있다.



<그림 4> 利用車輛의 起終點 分布

<表 3> 通行目的別通行量

(單位: 台)

區 分	計	出·退勤	業 務	旅 行	其 他
計	35,259 (100.0)	5,355 (15.2)	26,975 (76.5)	1,034 (2.9)	1,895 (5.4)
院 洞 T·G	12,799 (100.0)	2,899 (22.7)	8,295 (64.8)	261 (2.0)	1,344 (10.5)
大 淵 T·G	12,699 (100.0)	1,216 (9.6)	10,955 (86.3)	419 (3.3)	109 (0.8)
盤 如 T·G	9,761 (100.0)	1,240 (12.7)	7,725 (79.2)	354 (3.6)	442 (4.5)

註: 07:00~19:00사이 調査量임.

이같은 現象은 院洞 T.G의 立地條件이 周邊地域에 住居地가 넓게 立地하고 있을 뿐 아니라 이들 地域에 住居하고 있는 住民들의 業務活動地가 大部分 都心圈에 分布하고 있기 때문에 勤務處까지의 時間距離 短縮을 目的으로 하는 通行量이 많기 때문으로 分析된다.

3. 都市高速道路의 問題點

現在 釜山市의 都市內部交通에 차지하는 比重이 대단히 높은 通過交通과 大量貨物交通量의 迅速한 處理를 目的으로 建設된 都市高速道路上的 將來 問題點은 첫째 高速道路上的 車輛疏通問題, 둘째 都市高速道路 進入路와 隣近都市幹線道路와의 構造的 連結問題로 大別된다.

釜山市 都市高速道路上에서의 車輛疏通問題를 全般的으로 分析해 보면 現在 都市高速道路上에서는 심각한 停滯現象이 發生되지 않고 있으나 門峴~院洞 I.C間에서는 尖頭時間帶 1方向 通行量이 2,209台(V/C 比 0.61)에 達하고 있어서 이를 現在까지의 都市高速道路 通行量 增加趨勢(年平均增加率 10.40%, A.D.D.T)를 勘案한다면 數年內에 當該 路線의 擴張 또는 新設의 必要性이 擡頭될 것으로 判斷된다.

또한 이 區間에서는 市內地域間 사람 및 貨物輸送機能을 包含한 都市內 通行量이 높은 比重을 占하고 있음은 물론 將來 釜山市 Mo-

torization의 急進展에 의한 交通量 增大 및 周邊地域 住民活動의 活性化, 既存 都市內 幹線道路의 疏通惡化는 自然發生的으로 道路交通 「서어비스」가 比較的 良好한 本 都市高速道路에로의 流入交通量을 誘發하게 되어 이들 轉換交通量을 包含한 通行量의 急激한 增大가 豫想된다는 것이다.

따라서 本 高速道路의 將來 利用交通量의 推計는 將來 都市高速道路에 豫想되는 交通問題를 解決하기 위한 都市高速道路交通計劃樹立의 必須的인 作業過程으로서 이의 先行이 무엇보다 時急한 現實이다.

IV. 都市高速道路 將來 交通量의 豫測

1. 交通需要 豫測 model의 前提條件

都市交通計劃樹立의 前提條件이 되는 將來 都市交通의 需要豫測作業은 Computer의 急速한 發展으로 膨大한 Person Trip 調査와 外生的 資料(Exogenous Data)의 處理가 可能하게 되면서 부터 活潑히 研究되어져 왔으며 將來 交通需要豫測을 위한 代表的 方法으로는 傳統的인 4段階推定法을 들 수 있다.

4段階 推定法의 各 段階別 需要推定에 使用되는 各種 豫測 model¹⁾은 原單位法, 成長率法, Category 分析法, 函數 model法과 같은 交通發生(Trip .Generation) 豫測 model이

1) Peter R. Stopher & Arnim H. Meyburg, Urban Transportation Modeling and Planning, Lexington Books, 1975, pp.59~68.

있고 交通分布(Trip Distribution) 豫測 model 은 現在 Patern法, 重力 model法, 確率 model法이 있으며, 交通手段別 分擔(model split) 豫測 model에는 全域 model法, Trip end model, O.D pair model, 經路 model이 있고, 交通配分(Trip Assignment) 豫測 model에는 最短 Route法, 時間比 配分法, 等時間 配分法 등이 있다.

그러나 最近에는 傳統的 4段階推定法이 갖는 諸般 問題點을 改善하여 보다 經濟的이고 豫測過程이 比較的 單純하며 短時間에 將來 交通需要의 豫測이 可能한 model이 많이 開發되어 利用되고 있는 實情에 있다. 그중 代表的인 豫測方法은 重回歸分析法²⁾과 經濟的인 側面을 考慮하여 開發된 Kraft model이 있으며 그 一般式은 다음과 같이 定義된다.

$$T_R = a_0 \cdot (p_{ui} \cdot p_{uj})^{aR} (I_i \cdot I_j)^{bR} (O_i)^{cR} \cdot \pi \dots \dots 1)$$

여기서

$$\pi ; H^{aR} \cdot F^{bR} \cdot S^{cR}$$

pu ; 人口 × 都市比率

O ; 乘用車普及率

따라서 本 都市高速道路 交通需要豫測에 適用할 model의 選定은 각 model이 갖는 問題點들을 綜合的으로 檢討한 結果 比較的 作業過程이 容易하고 信賴도가 높은 式-2의 多重 重回歸分析法를 適用토록 하였다.

$$y_n = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \delta_2 x_2 + \dots \dots \delta_n x_n \dots \dots 2)$$

y_n ; 交通量 變數(종속변수)

δ₀ ; 常數(Constant)

δ_{1-n} ; 媒介變數(parameter)

x_{1-n} ; 經濟·社會的 說明變數

그 理由는 4段階推定法에 의하여 釜山市 將來 交通需要를 豫測할 경우

①釜山市의 各 交通地區(Zone)에 대한 現在의 交通發生, 集中量 및 各 Zone에 대한 人口, 經濟, 社會 등 詳細한 資料가 可能한 限

時系列的으로 많이 수집되어야 하며 이들에 대한 將來 豫測이 必要하며, ②各 Zone에 대한 經濟的인 釜山市 全體 通行量의 O.D表를 必要로 하나 最近에 實施된 O.D表가 없기에 대한 通行 pattern의 比較가 不可能한 實情에 있으며 이를 解決하기 위해서는 釜山市 O.D別 通行 實態調査가 先行되어야 하고 ③釜山市 全體 街路網과 그속에 存在하고 있는 都市高速道路를 包含한 綜合的 system으로 取扱하여 各 街路別 通行量을 推計하여야 하므로 이를 위한 作業 過程의 範圍와 努力 作業이 廣範圍하게 必要로 하기 때문에 時間과 費用이 莫大하게 所要되는 問題點을 隨伴하게 된다는 것이다.

한편 Karft model은 이에 使用되는 資料들의 募集이 困難하며 資料蒐集이 可能하더라도 信賴도가 낮아 豫測結果의 精度에 問題가 있고 model內 Parameter의 推定에도 多少 어려움이 露呈되고 있다고 자주 報告되고 있다.

따라서 都市高速道路의 交通需要 豫測은 以上の 問題點들을 勸案하여 重回歸分析法(Multiple Regression Analysis)을 適用하여 推計하였다.

2. 指標間的 正準相關分析

都市高速道路 交通 需要豫測 model의 構築은 將來 都市高速道路 利用交通量을 說明할 수 있는 需要豫測 model의 說明變數 選定에 있어서 統計的 適合도가 가장 높은 要因을 選定하여야 한다.

需要豫測에 使用되는 重回歸分析은 하나의 從屬變數에 대해 많은 說明變數를 一體의 體系로 計量化하는 것을 目的으로 하므로 重回歸分析 前에 從屬變數와 說明變數間的 相關分析(Correlation Analysis)을 행하여 相關이 높은 變數를 選擇하여야 하나 從屬變數와 說明變數의 單純相關에 의한 分析은 變數相互間的 多重公線性(Multicollinearity)³⁾의 問題를 露

2) Michael D.Meyer, Eric J.Miller, Urban Transportation Planning, McGraw-Hill Book, 1984. pp.246~250
3) 中村正一, 多變量解析入門, 日刊工業新聞社, 1979, pp.48~49.

로할 憂慮가 있다. 따라서 이의 解決의 위하여 主成分分析法⁴⁾ (Principle Component Analysis)을 使用하여 說明力이 높은 有效한 變數만을 選擇하거나 導出된 主成分을 새로운 新變數로 合成하여 分析에 使用하는 경우도 있다.

그러나 主成分分析은 各變數群(主成分)內에서 可能한 限 많은 分散을 說明하는 群變數가 導出되므로 從屬變數群과 說明變數群의 關係를 分析하는 것은 아니다.

따라서 都市高速道路를 走行하는 交通量이 乘用車, 「버스」, 貨物車等에 의해 發生하는 特性을 갖고 있으므로 交通量인 從屬變數와 人口, 經濟, 社會指標인 說明變數와의 單純相關分析보다는 從屬變數群과 說明變數群間의 相互關聯性을 分析하는 것이 豫測 model 構築의 變數設定에 보다 說得力이 있다고 判斷된다.

따라서 本 指標의 相關性 分析에는 最初부터 同質의 要素를 正準變量(Cannonical Variate)이라고 하는 有效變數를 使用하여 合成變數群의 組合狀態로 만들어 他變數群間의 相關이 最大가 되는 合成變量의 組合을 求하는 아래 式-3의 正準相關分析(Cannonical Correlation Analysis)을 使用하였다.

$$p = \text{Cov}(X^*, Y^*) / \sqrt{\text{Var}(X^*) \text{Var}(Y^*)} \dots 3)$$

$$X^* = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_p X_p$$

$$Y^* = \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \dots + \beta_q Y_q$$

여기서 X_p : p個의 說明變數

Y_q : q個의 從屬變數

X^*, Y^* : X_p 와 Y_q 를 合成한 正準變數

α_p, β_q : 正準變數

p : p가 最大가 되는 α, β 가 있는 경우의 第1正準 相關係數

正準相關 分析에 使用된 指標들은 <表 3>과 같이 '82~'88年(7年間)의 總通行量을 비롯한 總20個의 變數로 構成되어 있으며, 이들 指標

中 總交通量의 경우 本 都市高速道路 開通以來 '84년까지는 繼續增加해오다 '85, '86년에 약간 減少하고 있다. 이것은 '82~'85年 「버스」 通行量의 年次的 減少에 起因한 것으로 分析되며 특히 1985年 「버스」 通行量 激減이 全體 通行量 減少에 크게 影響을 미쳤음을 알 수 있다.

이같은 現象은 同期間中 高速 「버스터미널」 및 東部·西部市外 「버스터미널」의 年次的 移轉에 따른 減少現象으로 分析되므로 이러한 趨勢를 推計分析에 그대로 適用한다면 model 式에 의한 結果值의 信賴性 및 說得力에 많은 問題가 있을 것으로 判斷되므로 이에 대한 補正 推計를 實施한 AADT를 從屬變數로 使用하였다.

<表 3> 分析에 使用된 諸指標

變數	變數名	變數	變數名
從屬變數	T 總交通量	說明變數	X6 釜山市 3次產業就業者數
	V1 乘用車交通量		X7 全國 GNP(10億원)
	V2 BUS 交通量		X8 釜山市 GRP(10億원)
	V3 小型貨物車交通量		X9 釜山市 總 雇傭者數
V4 特殊貨物車交通量		X10 全國 總 輸出額(百萬弗)	
說明變數	X1 全國 總人口 (單位: 1000名)	變數	X11 全國自動車 保有台數
	X2 釜山市 總人口 (單位: 1000名)		X12 釜山市 總自動車保有台數
	X3 釜山市 總 就業者數		X13 釜山市 乘用車保有台數
	X4 釜山市 1次 產業就業者數		X14 釜山市 BUS 保有台數
	X5 釜山市 2次 產業就業者數		X15 釜山市 貨物車保有台數

以上の 指標를 使用한 正準相關分析結果는 <表 4>에서 보는바와 같이 正準變量의 選定基準이 되는 Eigenvalue는 第1正準變量이 2.974로서 가장 높으며 이값은 群內變動 (誤差의 平方合, 誤差變動)에 대한 群間變動 (主效果의 平方合)의 比를 나타내는 尺度가 된다.

한편 높은 Eigenvalue值와 함께 第1 正準變量에 의한 兩群間說明度도 80.31의 높은 數

4) 奥野忠一外 3人, 多變量解析法, 日科技連, 1978, pp.159~161.

值를 보이며 兩群間相關을 나타내는 正準相關係數도 0.865로 第1正準變量에 의한 兩群의 相關이 높기 때문에 5個의 正準變量中 가장 良好한 것으로 評價된다.

또한 Wilk's Lamda값도 有效水準 0.0005에서 群內變動量에 의해 說明되지 않는 比率이 全體變動量中 0.13867으로 第1正準變量에 의한 群內的 說明이 높은 것임을 알 수 있다.

<表 4> 指標의 正準相關 分析

正準變量	固有值 (Eigenvalue)	寄與率	累積寄與率	正準相關係數
1	2.974	80.307	80.307	0.865
2	0.596	16.084	96.391	0.611
3	0.101	2.730	99.121	0.303
4	0.025	0.678	99.799	0.157
5	0.007	0.201	100.000	0.086

*) Wilks L.; 0.13867, (有意水準; 0.0005, F=2.683)

한편 正準變量內 各 變量的 正準相關을 보다 명확히 區分하기 위하여 Varimax 回轉을 施行한 結果, 第1正準變量만이 有效한 것으로 判明되었으며 從屬變量群과 說明變量群의 影響이 가장 큰 變數로는 X12의 釜山市 總自動車保有台數로 2.924이고 그 다음이 X5의 釜山市 第2次 產業就業者數와 X2의 釜山市 總人口가 各各 2.235, 2.187로 나타나고 있다.

그리고 X8인 釜山市 GRP는 1.369, X1인 全國 總人口는 1.276으로 上記 變數들보다 多少 낮은 水準을 보이나 15個의 變數中에서는 그 影響을 무시할 수 없는 것으로 判斷되어 豫測 model構築에 以上の 6個 變數를 使用하였다.

<表 5> Varimax回轉後의 正準變量

變數	第1正準變量	變數	第1正準變量
X1	1.276	X7	0.0
X2	2.187	X8	1.369
X3	0.0	X9	0.0
X4	0.0	X10	0.0
X5	2.235	X11	0.0
X6	2.224	X12	2.924

3. 豫測 model의 構築

앞에서 分析·導出된 變數들을 使用하여

T.G別 方向別 總交通量과 說明變數를 順次 (stepwise) 重回歸分析 豫測 model에 의해 將來 交通量을 豫測함(代案 1)과 同時에 T.G別·方向別·車種別(乘用車, 「버스」, 一般貨物車, 特殊貨物車) 交通量을 順次重回歸分析 豫測 model에 의하여 將來交通量을 豫測 (代案 2) 하였다.

이러한 代案設定은 本 都市高速道路의 性格上 流出入을 統制하여 限定된 出入口만을 提供하므로 各區間別 通行量配分, 通行手段別 交通量 配分을 容易하게 하는 特徵을 가지고 있다.

따라서 代案別 將來 交通量 豫測 model은 正準相關分析에 의해 導出된 6個의 變數를 說明變數로 하고 交通量을 從屬變數로 하여 順次重回歸分析을 行하였으며 代案別 出力結果 및 計劃에서 構築된 交通量豫測 model의 Parameter는 <表 5>와 같다.

그 結果 model의 說明力을 나타내는 決定係數(R²)는 모든 model이 R²=0.907~0.994의 대단히 높은 數值를 보여 構築된 30個의 (代案 1; 6個, 代案 2; 24個) model의 說明力이 높은 것으로 나타났으며 各 model마다 豫測된 Parameter의 有意水準을 F-檢定에 의해 分析한 結果 0.047~0.00005의 有意水準으로서 統計的으로 有意함이 立證되었다.

4. 轉換交通量의 內生化와 將來交通量 豫測

지금까지 構築된 代案別 都市高速道路의 交通量 豫測 model은 1992년에 竣工 豫定인 第2高速道路와의 關聯體系를 考慮하지 않았기 때문에 여기서는 '92年 第2都市高速道路 開通을 前提로한 轉換 交通量을 包含하여 推定하였다.

轉換交通量은 第2都市高速道路가 建設되었을 경우 既存道路로부터 轉換되는 交通量으로서 車輛이 어떤 經路를 走行하는 경우 運轉者가 目的地에 到達할 수 있는 多數의 選擇 經路中 走行所要時間, 所要經費(走行經費), 通行料徵收與否, 快適性和 混雜性의 大小, 沿道 景觀等의 判斷指標를 綜合하여 高速道路를 選擇

〈表 6〉 代案別 都市高速道路 交通需要 豫測 model

區 分	常 數	回6 歸 式						R ²	F-value	Signif. of F
		X1	X2	X5	X6	X8	X12			
代 案 1	大瀨TG(門峴→院洞)*	1.425		5.598×10 ⁻⁴		3.193×10 ⁻⁴	-1.331×10 ⁻⁴	0.954	20.659	0.017
	大瀨TG(門峴→久瑞)	-10152.003		0.033		0.713	0.033	0.960	24.147	0.031
	院洞TG(院洞→門峴)	1.308		5.931×10 ⁻⁴		3.010×10 ⁻⁴	-1.275×10 ⁻⁴	0.955	21.214	0.016
	院洞TG(院洞→久瑞)	-10101.210		3.325				0.979	229.628	0.0000
	盤如TG(久瑞→門峴)	-6321.252			0.024			0.961	123.206	0.0001
	盤如TG(久瑞→院洞)	-14326.870		4.599				0.947	88.904	0.0002
代 案 2	大瀨TG(門峴→院洞)	1.425		5.598×10 ⁻⁴		3.193×10 ⁻⁴	-1.331×10 ⁻⁴	0.954	20.659	0.017
	大瀨TG(門峴→久瑞)	-10152.003		0.033		0.713	0.033	0.960	24.147	0.031
	院洞TG(院洞→門峴)	1.308		5.931×10 ⁻⁴		3.010×10 ⁻⁴	-1.275×10 ⁻⁴	0.955	21.214	0.016
	院洞TG(院洞→久瑞)	-10101.210		3.325				0.979	229.628	0.0000
	盤如TG(久瑞→門峴)	-6321.252			0.024			0.961	123.206	0.0001
	盤如TG(久瑞→院洞)	-14326.870		4.599				0.947	88.904	0.0002
	大瀨TG(門峴→院洞) 乘用車	-23761.743		0.065		3.920	-0.165	0.974	38.206	0.007
	大瀨TG(門峴→院洞) B U S	-258.430		7.649×10 ⁻⁴		0.039	-1.642×10 ⁻³	0.932	13.698	0.030
	大瀨TG(門峴→院洞) 一般貨物車	-27298.173	-0.174	10.932			-0.036	0.912	10.325	0.043
	大瀨TG(門峴→院洞) 特殊貨物車	0.782		5.830×10 ⁻⁴		1.188×10 ⁻⁴	-3.544×10 ⁻⁴	0.940	15.540	0.025
	大瀨TG(門峴→久瑞) 乘用車	-9276.514		1.568	0.014		-0.028	0.987	37.583	0.026
	大瀨TG(門峴→久瑞) B U S	544.416	9.120×10 ⁻³	-0.259		0.036		0.936	14.712	0.027
大瀨TG(門峴→久瑞) 一般貨物車	-3104.038		0.836	4.893×10 ⁻³		-5.33×10 ⁻³	0.927	12.643	0.033	
大瀨TG(門峴→久瑞) 特殊貨物車	-1288.051			3.690×10 ⁻³		0.082	0.983	113.470	0.0003	
院洞TG(院洞→門峴) 乘用車	-25862.115			0.071		3.500	-0.151	0.955	20.988	0.016
院洞TG(院洞→門峴) B U S	-249.729			7.092×10 ⁻⁴		0.041	-1.665×10 ⁻³	0.974	37.315	0.007
院洞TG(院洞→門峴) 一般貨物車	-21815.132	-0.134	8.808				-0.029	0.911	10.221	0.041
院洞TG(院洞→門峴) 特殊貨物車	-154142.956	-0.090	6.018			-0.104	-0.014	0.982	26.524	0.037
院洞TG(院洞→久瑞) 乘用車	-5135.104		1.620					0.986	350.346	0.0000
院洞TG(院洞→久瑞) B U S	-371.097		0.119					0.981	261.854	0.0000
院洞TG(院洞→久瑞) 一般貨物車	-2873.652		0.965					0.970	163.530	0.0001
院洞TG(院洞→久瑞) 特殊貨物車	-1722.149		0.621					0.958	114.942	0.0001
盤如TG(久瑞→門峴) 乘用車	-5716.705			0.017		0.538	-0.023	0.984	62.950	0.003
盤如TG(久瑞→門峴) B U S*	0.127			4.047×10 ⁻⁴		1.006×10 ⁻⁴	-3.699×10 ⁻⁴	0.907	9.774	0.047
盤如TG(久瑞→門峴) 一般貨物車	-3534.092		1.408				5.0998×10 ⁻³	0.940	78.954	0.0003
盤如TG(久瑞→門峴) 特殊貨物車	-848.643		2.436× ⁻³					0.991	341.244	0.0000
盤如TG(久瑞→院洞) 乘用車	-7377.080		2.277					0.955	105.698	0.0001
盤如TG(久瑞→院洞) B U S	-268.693		0.087					0.963	131.345	0.0001
盤如TG(久瑞→院洞) 一般貨物車	-5194.317		1.678					0.947	89.174	0.0002
盤如TG(久瑞→院洞) 特殊貨物車	-1741.305		0.884	3.073×10 ⁻³		-3.550×10 ⁻³		0.980	24.807	0.000

註：*는 從屬變數를 Log變換에 의해 變數變換한 Model.

하는데 다른 轉換交通量을 意味한다.

都市高速道路를 利用하는 運轉者는 主로 料 金이라는 代價를 支拂하는 것에 의해 時間節 約으로 代表되는 時間便益을 求하기 때문에 轉換交通量 豫測을 위한 轉換率 曲線의 指標 는 快適性, 混雜度라는 要素는 獨立된 要素로 存在하는 것이 아니라 所要時間의 長短에 의 해 說明되므로 所要時間이 직계 걸리던 走行 速度가 높아져 快適性이 比較的 높게 되고 混 雜度는 減少하는 關係가 成立한다는 것과 走 行經費의 경우 人件費, 燃料費, 一般管理費 等 으로 構成되어 晝行時間과 거의 比例的으로 變化하기 때문에 時間節約은 곧 經費節減이

되어 走行經費의 경우도 快適性이나 混雜度와 마찬가지로 所要時間에 의해 說明된다⁵⁾는 理 由로 走行所要時間과 料 金만을 選擇하였다.

따라서 本 研究에서는 走行時間과 費用經費 를 說明變數로 使用한 轉換率曲線에 의해 將 來 第2都市高速道路가 建設되었을 경우 都市 都市高速道路에 轉換되는 轉換交通量을 包含 하여 將來交通量을 豫測하였으며 豫測에 使用 된 轉換率曲線式은 式-4, 5, 6과 같다.

$$P_1 = 1/1 + e^{\alpha + \beta X} \dots\dots\dots 4)$$

$$P_2 = 1/1 + \lambda X^\beta \dots\dots\dots 5)$$

$$P_3 = \alpha \cdot e^{-\beta X} \dots\dots\dots 6)$$

5) 大石泰彦外 2人, 道路經濟學會集, 東洋經濟新報社, 1975, p.151.

여기서 P_1, P_2, P_3 ; 交通轉換率
 X ; 說明變數
 λ, β ; Parameter

그러나 轉換率曲線式에 대한 研究開發事例가 國內에는 거의 없기 때문에 轉換率曲線式은 日本의 都市高速道路 計劃段階에서 檢討된 바 있는 <表 6>의 事例를 分析하여 이 중에서

가장 安定된 model로 評價되고 있는 것을 選定하여 利用하였다.

따라서 前述한 轉換率公式, P_1, P_2, P_3 의 說明變數는 說明變數 X 의 型(A-D까지 4가지 型)에 의해 各 model式의 Parameter를 推定하여 算出하였으며 그 結果는 <表 7>과 같다.

<表 7> 轉換率式의 研究事例

區 分	轉 換 率 式	說明變數(X의 型)				備 考
		A	B	C	D	
阪神 高速 道路	$P=1/(1+bX^N)$	○		○		A=T(H)/T(G) B=T(H)-R/C/T(G) C=T(H)T(G)-T(Q) D=T(G)-T(H) A, B, C: 時間比 D: 時間差
	$P=aEXP(-bX)$	○		○		
	$P=aEXP(-X^N)$	○		○		
	$P=1/(1+ae^{bx})$	○		○	○	
	$P=1-1/(1+b^{(x+80)})$				○	
首都 高速 道路	$P=1/(1+aX^n)$	○				T: 所要時間 H: 高速道路利用經路 G: 一般道路利用經路 Hh: 高速道路利用區間 Ha: 高速道路接近經路 R/C: 料金/時間價值
	$P=1/(1+X^n)$	○				
	$P=1/(1+X^\beta)$	○	○			
	$P=EXP(-X^\beta)$	○	○			
	$P=1/(1+X^\beta) \times EXP(-\delta/E')$	○	○			
	$P=EXP(1-X^\beta) \times EXP(-\delta/E')$	○	○			
	$P=aX^\beta(R/C)' \times E' \times D'$	○	○			
	$P=1/(1+X^\beta)$	○				
	$P=EXP(-X^\beta)$	○				
	$P=EXP(-aX+\beta)$	○				

資料: 日本土木學會, 交通需要豫測 핸드북, 技報堂, 1981, p.318.

<表 8> 轉換率 model

轉換率 model	說明變數의 型	R ²	F	Signif. of F
$P_1=1/(1+e^{-0.8891-2.8188X})$	A	0.841	94.91	0.00005
$P_2=1/(1+0.000313X^{1.1887})$	D	0.780	63.879	0.00005
$P_3=1.2105684e^{-7.889X}$	B	0.892	8.271	0.2130

轉換率 model 表에서 보는바와 같이 P_3 model(指數型 model)은 他 model에 비해 決定係數 R^2 이 0.892로 가장 높은 反面 構築된 model의 安定性을 나타내는 F-檢定에 의한 有意水準(Significant of F)이 0.2130으로 model의 安定性에 問題를 露呈하고 있다.

한편 P_1 model과 P_2 model의 有意水準은 0.00005으로서 對立假說이 기각될 確率이 매우 낮아 대단히 安定된 model임을 알수 있으나 決定指數(R^2)가 높은 P_1 model의 Logit型

model을 利用하여 將來 第2都市高速道路建設에 따른 都市高速道路의 轉換交通量을 豫測하였으며 都市高速道路交通量의 豫測은 車種別交通量 豫測이 가능한 代案 2의 豫測交通量을 計劃交通量으로 設定하였다.

따라서 앞서 構築된 都市高速道路 交通量 豫測 model에 의해 豫測된 年度別 交通量에 1992年 第2都市高速道路 開通에 따른 轉換交通量을 加重시킨 結果, 都市高速道路를 利用하는 總車輛台數는 <表 8>에서 보는 바와같이 '88年 35,648台/日에서 '91년에는 63,053台/日, '96年 114,005台/日, 2001年 147,090台/日로 豫測되었다.

또한 '88~2001年 期間中 區間別 交通量 增加率을 보면 久瑞→大淵間이 6.2倍增加하여 가장 높은 增加率을 보일 것으로 推定되며 院

<表 9>

釜山市都市高速道路 將來交通量 豫測

(單位：台)

區 分	代 案 1 (AADT)	代 案 2 (AADT)	代案 2 CAR (AADT)	代案 2 BUS (AADT)	代案 2 Turck1 (AADT)	代案 2 Turck2 (AADT)
大 淵→院 洞						
1988	8,943	9,444	5,266	87	2,502	1,589
1991	18,707	18,523	12,331	171	3,625	2,396
1996	28,507	27,526	19,474	256	4,603	3,193
2001	41,390	38,862	29,369	362	5,175	3,956
大 淵→久 瑞						
1988	5,020	5,129	2,385	125	1,711	900
1991	8,669	8,060	4,121	147	2,237	1,555
1996	23,177	23,024	13,661	269	5,342	3,752
2001	28,931	26,324	15,533	461	5,546	4,784
院 洞→大 淵						
1988	10,166	9,819	5,842	75	2,377	1,525
1991	20,187	19,168	13,459	156	3,266	2,287
1996	29,600	28,291	21,025	238	4,036	2,992
2001	35,312	38,543	30,446	346	4,271	3,480
院 洞→久 瑞						
1988	2,712	2,712	1,110	87	844	671
1991	3,875	3,876	1,677	129	1,182	888
1996	5,199	5,199	2,322	176	1,566	1,135
2001	5,857	5,857	2,643	199	1,757	1,258
久 瑞→大 淵						
1988	5,095	5,113	2,085	120	1,894	1,014
1991	7,929	8,163	3,987	157	2,387	1,632
1996	23,165	22,722	12,948	247	5,575	3,952
2001	26,656	28,497	17,000	446	6,103	4,868
久 瑞→院 洞						
1988	3,396	3,431	1,400	68	1,274	689
1991	5,006	5,264	2,197	99	1,862	1,106
1996	6,836	7,243	3,104	133	2,530	1,476
2001	7,747	9,007	3,555	151	2,862	2,439
計						
1988	35,332	35,648	18,088	562	10,602	6,396
1991	64,373	63,054	37,772	859	14,559	9,864
1996	116,493	114,005	72,534	1,319	23,652	16,500
2001	145,893	147,090	98,626	1,965	25,714	20,785

洞→久瑞方向은 2.2배 增加로 가장 낮은 增加率을 보일 것으로 推定된다. 그리고 2001年의 交通量이 가장 많은 區間은 大淵→院洞 區間으로 1日 38,862台가 利用할 것으로 推計되며 다음으로는 院洞→大淵 區間에 1日 38,543台가 利用할 것으로 推計된다.

한편 車種別 通行量 增加는 久瑞→大淵 區間의 乘用車가 8.2배 增加하여 가장 높은 比重을 보이며 다음으로 大淵→久瑞 區間의 乘用車가 6.5배 增加할 것으로 推計되고 院洞→大淵 區間의 小型貨物車는 1.8배, 院洞→久瑞 區間의 特殊貨物車는 1.9배, 大淵→院洞 區間 및 院洞→久瑞 區間의 小型貨物車는 2.1배의 增加가 豫測되어 比較的 增加率이 낮을 것으로 推計되었으나 특히 乘用車의 경우 院洞→久瑞 區間을 除外한 區間에서는 5倍以上 높은 增加率을 보일 것으로 豫測되었다.

5. 將來都市高速道路의 問題區間 分析

지금까지 分析된 釜山市都市高速道路의 將來利用交通量을 高速道路의 서비스水準으로 分析한 結果, '96年 以後에는 都市高速道路 全區間의 交通量이 交通容量을 超過하게 되어 通行速度의 低下 및 交通事故發生이 憂慮되는 등 都市高速道路로서의 機能的 側面에서 큰 問題가 發生될 것으로 判斷된다. 이러한 現象은 都心地域과 釜山市 外廓地域을 移動하는 市內通行量의 增大뿐 아니라 第2都市高速道路 開通에 따른 轉換交通量 增加로 인하여 發生하는 影響으로 생각된다.

本 高速道路의 各 區間別 道路交通서비스水準을 分析해 본 結果, 門峴램프~院洞 I.C 區間은 住居密集地域(海雲臺區, 東萊區)과 都心部를 直接 連結하는 機能을 擔當하여 出·退勤 交通量의 比重이 他區間보다 높아 上·下行線 모두에서 V/C 比($Volume/Capacity$)가 '88年 0.55水準에 不過하나 '91년에는 1.0, '96年 1.85, 2001年 2.44 水準으로 變化되어 이에 대한 道路의 新設 또는 擴張의 必要性이 提起된다고 하겠다.

특히 釜山港 第3段階開發事業의 完工은 院洞 I.C 隣近의 off-Dock C.Y와 龍塘「콘테이너」埠頭間 通行量을 急増시킬 것으로 展望되므로 兩地域을 直接 連結하는 새로운 路線의 開發方案이 港灣開發事業과 同時에 檢討되어야 할 區間으로 判斷된다. 그리고 院洞 I.C~久瑞 I.C 區間은 京釜高速道路와 釜山市內 各地域間을 直接 連結하는 區間으로 市內通行量의 比重도 높으나 門峴램프~院洞 I.C 區間에 비해 貨物車輛의 比重이 높기 때문에 서비스水準이 '88年 0.31에서 '91年 0.48, '96年 1.10, 2001年 1.30으로 變化되어 이에 대한 道路의 新設 또는 擴張이 要求될 것으로 展望되는 區間으로 分析되었다.

V. 結 論

本 研究는 釜山都市高速道路의 將來利用交通量을 推定함에 있어서 現在 建設中인 第2都市高速道路가 開通되면 本 高速道路에의 轉換交通量이 豫想되어 이들 變動을 內生化한 豫測 모델을 구축하여 將來 交通量을 豫測함으로써 將來 都市高速道路의 交通問題 解決을 위한 對策樹立에 必要한 基礎 資料를 提供함이 그 目的이었다.

研究 分析 結果 얻어진 成果를 要約하면 다음과 같다.

- ① 本 研究의 交通需要豫測에 適用할 model의 選定은 각 model이 갖는 問題點들을 綜合적으로 檢討하여 多重回歸分析法을 適用한 結果 比較的 높은 適合性을 갖는 豫測 model이 構築되었다.
- ② 豫測 model에 의해 推計된 都市高速道路의 將來 交通量은 '92年 第2都市高速道路開通에 따른 轉換交通量을 加重시킨 結果 '88年 35,648台/日에서 '91년에는 63,053台/日, '96年 114,005台/日, 2001年 147,090台/日로 豫測되었다.
- ③ '88~2001年 期間中 都市高速道路 各 區間別 交通量 增加率을 보면 久瑞→大

淵洞間이 6.20倍 增加하여 가장 높은 增加率을 보일 것으로 推定되며 院洞→久瑞方面은 2.20倍 增加로 가장 낮은 增加率을 보일 것으로 推定되었다.

- ④ 將來 各 區間別 道路交通 「서어비스」 水準을 分析해 본 結果, 門峴램프~院洞 I·C 區間은 上·下行線 모두에서 V/C比가 '88年 0.55水準에서 '91年 1.0, '96年 1.85, 2001年 2.44 水準으로 變化되어 이에 대한 道路의 新設 또는 擴張이 必要한 實情이고, 院洞 I·C~久瑞 I·C 區間은 門峴램프~院洞 I·C 區間에 비해 貨物車輛의 比重이 높기 때문에 서어비스水準이 '88年 0.31에서 '91年 0.48, '96年 1.10, 2001年 1.30으로 變化되어 이에 대한 道路의 新設 또는 擴張이 要求될 것으로 展望된다.

本 研究를 통하여 남겨진 課題는 보다 많은 社會經濟的 時系列 資料의 收集과 釜山市 全道路網의 交通量 및 全域 O·D交通量을 調査할 必要가 있다는 點과 同時觀測 및 觀測誤差의 內在問題였다. 今後는 이러한 諸般事項을 考慮하여 現實道路網上에서의 實測 交通量을 基礎로한 豫測 model의 實用性과 그 限界에 대하여 보다 具體的으로 研究하고 싶다.

끝으로 本 研究는 釜山市 都市高速道路 管理所의 研究用役에 의해서 遂行되었으며 이에 感謝의 뜻을 表한다.

〈參 考 文 獻〉

1. 吳允杓 譯, 交通工學, 集文社, 1988. 10.
2. 林岡源, 都市交通計劃 理論과 模型, 서울 大學校 出版部, 1986. 3.
3. 元濟戊, 都市交通論, 博英社, 1987. 9.
4. 吳允杓, 釜山市 將來交通量의 推計手法에 관한 實證的 研究 大韓交通學會誌, No.5.2, 1988.

5. 林岡源, 都市交通需要의 將來豫測을 위한 交通發生 模型에 관한 研究, 大韓土木學會誌, No. 25.1, 1977.
6. 米谷榮二, 渡邊新三, 毛利正光, 佐佐木綱, 加藤晃, 交通工學, 國民科學社, 昭和55年 3月.
7. 天野光三, 計量都市計劃(都市計劃 システム의 手法と 應用), 丸善株式會社, 昭和 57年.
8. 神崎紘郎, 木下端夫, 浦野 隆, 山川 朝生, 將來交通量의 推計守法에 關する 調査報告 (その 1) - 發生集中交通量의 適合度實證的 分析 - 交通工學, Vol. 19, No.4, 1984.
9. 聲澤哲歲, 都市交通 計劃의 太て方(V) 都市交通의 將來豫測 其의 1 パーソントリップ 調査による 4段階推計方法, 交通工學, Vol. 17, No5, 1982.
10. 金利正 光, 新田保次, 都市類型別通勤者 生成原單位 モデルについて, 交通工學 Vol. 18 No.18, No.3, 1983.
11. Peter R. Stopher & Arnim H. Meyburg, Urban Transportation Modeling and Planning, Lexington Boks, 1975.
12. U.S Department of Transportation, An Introduction of Urban Travel Demend Forecasting (a self-introductional text), 1977.
13. Wolfgang S. Homburger, Transportation and Traffic Engineering Hand book ; Institute of Transportation Engineers, 2nd Edition, Prentice-Hall, Inc., 1982.
14. Michael D. Meyer & Eric J. Miller, Urban Transportation Planning ; A Decision-orientel Approach, McGraw-Hill Book-Company, 1984.