都市 BUS 運行沮害要因에 관한 硏究

A Study on the Primary Factors Delaying City-BUS Service

金 大 雄*
Kim, Dae Oung
柳 永 根**
Yu, Young Keun

Abstract

The purpose of this study is to define the primary factors obstructing the bus services that play an important part in mass transportation in almost the cities, and then to develop the models for travelling speed.

To define the primary factors, two video cameras were used in this study, one for speed meter, the other for traffic condition, from which time-speed graphs were made. In the graphs, the gaps between road regulation speed and travelling speed were analyzed by monitor analysis.

After this, primary delay factors were classified by quantification theory type I. and then to develop the models for travelling speed, stepwise analysis was used.

要 旨

本 硏究에서는 大部分의 都市에서 大衆交通手段으로써 主要한 役割을 擔當하고 있는 버스 交通이 運行時 겪게되는 沮害要因들을 糾明하고 區間平均 走行速度 模型을 開發하는데 硏究의 目的을 두었다.

2臺의 video camera로 速度計와 前方의 交通狀況을 同時에 촬영하여 時間—速度線圖를 作成한 후, 街路交通規制의 上限速度線에 未達되는 區間을 沮害區間으로 보고 이 區間의 沮害要因을 monitor를 통하여 分析하였다.

以上에서 把握된 沮害要因의 沮害程度를 數量化 理論(1類)에 의하여 統計的으로 糾明하고 이를 說明變數로 導入하여 段階的 回歸分析 方法으로 버스 區間平均 走行速度 模型을 構築하였다.

1. 序 論

버스 交通은 都市의 성장과 함께 그 役割의 必要性과 重要性이 持續的으로 강조되고 있다. 버스 交通이 가지는 定時性, 大量輸送, 經濟性, 接近性 等의 長點은 都市生活에 適合하게 적용될 수 있어 거의 大部分의 都市가 버스 交通에 크게 依存하고 있는 實情이다.

* 正會員·嶺南大學校 工科大學 敎授
** 正會員·嶺南大學校 大學院 碩士課程

우리나라 大部分의 都市는 버스 交通이 주된 大衆交通手段으로 되고 있으며 거의가 50% 以上의 높은 分擔率을 가진다. 최근의 經濟成長에 따라 乘用車를 主軸으로 하는 각종 車輛의 급격한 증가는 한정된 道路空間을 압박하게 되어 버스의 원활한 定時運行을 不可能하게 하고 있다. 버스의 運用은 都市自體의 物理的 特性과 利用하는 市民의 行動 pattern에 따라 달라져야 하므로 버스 交通에 대한 實證的이고 包括的인 硏究가 要望되고 있다.

이에 本 硏究에서는 버스 走行의 沮害要因들을 時間帶別, 地域別로 分類, 糾明하고 區間走行速度 模型을 提案함으로써 버스 交通運用改善을 위한 其礎資料를 提供하는데 硏究目的을 두었다.

2. 分析資料調査

55個의 大邱市內 버스 系統中 交通量이 많고, 他系統이 많이 通過하는 韓一路와 中央路를 運行區間으로 가지며, 동시에 市外區間도 包含되는 75, 30, 36番 系統을 調査對象 系統으로 하였다. 그리고 調査對象 區間의 設定은 約 한 時間 정도의 運行距離를 基準으로 하였다.

75番 系統은 嶺南大學校에서 西部駐車場까지 전체 運行區間을 調査對象 區間으로 하고, 36番 系統은 南部駐車場에서 東村飛行場 사이의 區間을, 30番 系統은 明德 로타리에서 大邱市境界인 숙천국민학교 사이의 區間을 對象으로 하여 調査하였다. 調査對象系統의 調査區間은 그림 2-1에 나타낸 것과 같다. 調査는 1986年 4月末에서 6月 사이의 맑은 날을 택하여 행하였다.

調査時間帶는 午前 peak(7 : 00~9 : 00), off peak(12 : 00~14 : 00), 午後 peak(17 : 00~19 : 00)에 대하여 往復 調査하였다. 調査項目과 調査方法을 要約한 것이 表 2-1과 같다.

3. 버스 走行 沮害要因의 分析

3.1 分析方法

Timer를 부착한 2臺의 video camera로 버스 速度計와 車窓을 통한 街路 交通現狀을 同時에 撮影하고 moniter 分析에 의하여 1 sec 間隔으로

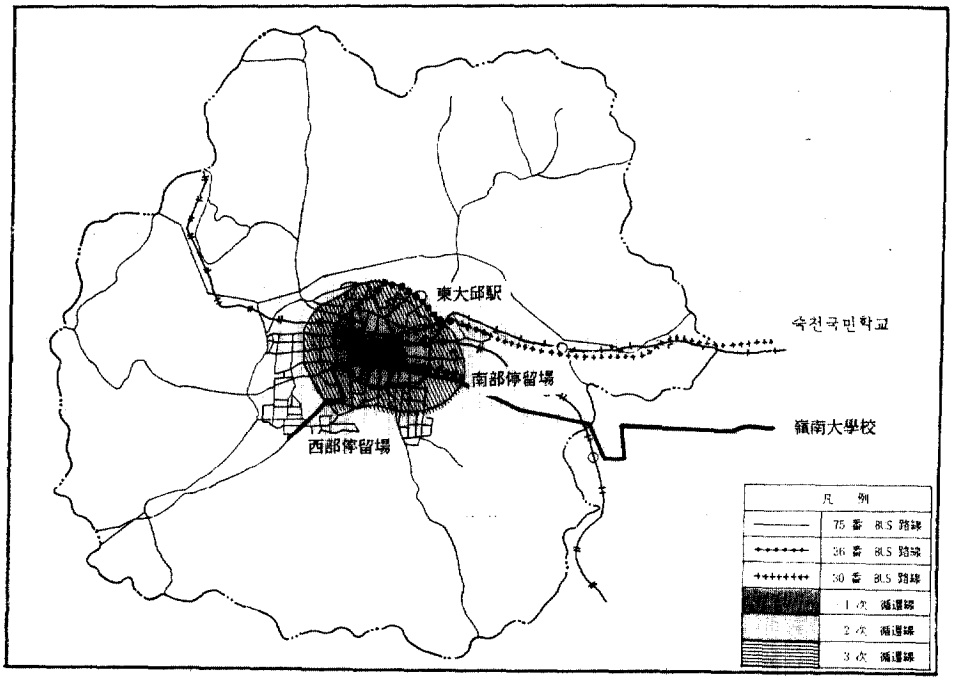

그림 2-1. 調査對象系統의 調査區間

表 2-1. 調査項目과 調査方法

조 사 항 목	조 사 방 법	조 사 장 소
교 통 유 동	비디오 Camera—전방촬영	BUS 내
순 간 주 행 속 도	비디오 Camera—속도계촬영	〃
승·하 차 인 원	조사원 —Counter	〃
구 간 거 리	비디오 Camera—거리 gauge 촬영	〃
차 선 수	실 측	BUS 외
제 한 속 도	〃	〃
계 통 수	〃	〃
교 차 점 수	〃	〃
횡 단 보 도 수	〃	〃
교 통 량	교통량조사표(1981)	〃

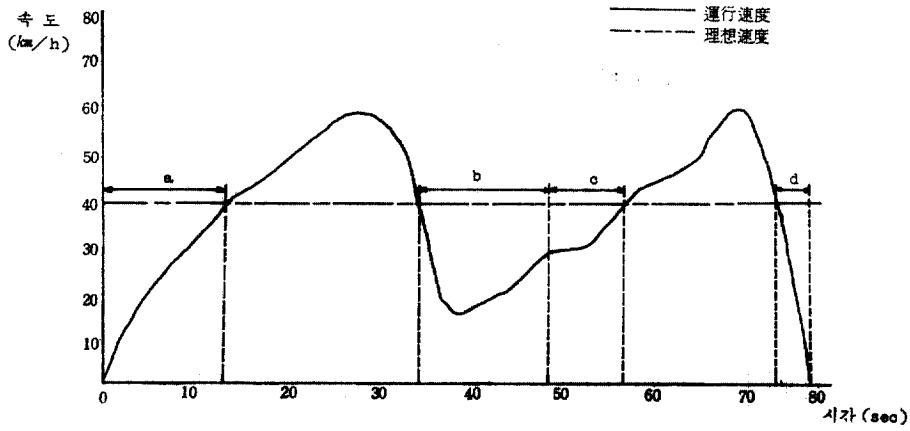

그림 3-1. 遲延要因의 分類方法 (Case 1)

버스 瞬間走行速度를 구하여 그림 3-1 과 같은 時間—速度線圖를 作成하였다.

그리고 時間—速度線圖上에 街路交通規制의 上限速度線을 挿入하고 瞬間走行速度가 上限速度에 미달되는 區間 즉, 그림에서 a~d 區間을 走行沮害 區間으로 定義하였다. 각 走行沮害區間에 對하여 交通現狀을 再生한 moniter 로부터 沮害要因을 判讀하였다.

그림 3-1 은 75 番 系統의 往方向 午前 peak 時(경산제일합섬—사월간)의 時間—速度線圖의 例로 上限速度는 40km/h 이다.

그림에서 a, d 는 出發, 停止遲延이고 b, c 는 走行中의 遲延이며 moniter 分析結果 b 는 對向車가, c 는 在回轉이 沮害要因으로 나타났다. 즉 이 區間에서는 對向車에 의한 遲延이 1 回 發生하여 19 sec 間, 또 1 回의 在回轉에 따른 遲延이 8 sec 間 持續되었음을 나타내고 있다.

그리고 交通混雜 等에 의하여 瞬間走行速度가 上限速度에 미치지 못하는 그림 3-2 와 같은 경

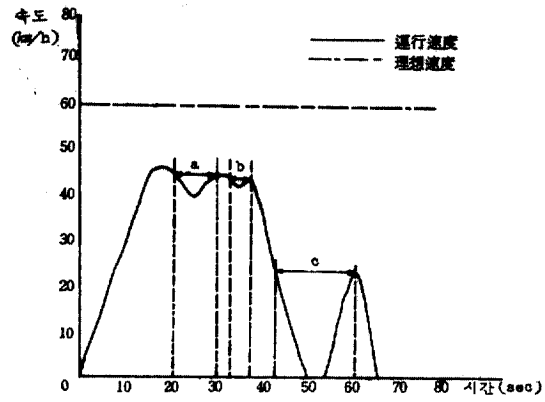

그림 3-2. 遲延要因의 分類方法 (Case 2)

우는 速度의 減速地點에서 완전히 回復하는 地點까지를 沮害區間으로 보고 沮害要因을 分析하였다.

그림 3-2는 36番 系統의 往方向 off peak時(남부경찰서—반월당간)의 時間—速度線圖의 例이며 上限速度는 60km/h이다. 그림에서 a, b는 被追越에 따른 遲延으로 각각 8sec, 5sec로 나타났으며 c는 信號待期로 16sec이다.

위와같은 方法에 의하여 BUS走行 沮害要因을 分析한 結果, 信號, 車線變更, 對向車, 橫斷步道, 被追越, 傾斜, 左右回轉, 自轉車 等이 主要因으로 나타났다.

여기서, 沮害要因은 街路의 交通現狀을 잡은 moniter分析에 依하여 把握하였으며 街路의 物理的 여건변화(幅員, 車線數, 交叉點間隔 및 構造 등)에 따른 交通 service 水準別로는 考察되지 않았다.

3.2 地域別 沮害要因

1次 循還線 內에서는 信號遲延이 압도적으로 많았으며, 對向車, 橫斷步道, 左回轉, 右回轉等에 의한 遲延은 서로 비슷한 頃向을 보였다.

2차 循還線 內에서는 信號, 橫斷步道, 右回轉, 道路工事 等의 順으로 沮害要因이 나타났고 3次 循還線 內에서는 信號遲延이 가장 크며, 기타의 沮害要因들이 거의 비슷한 頻度로 發生한 것으로 나타났다.

郊外地域에서는 對向車에 의한 遲延이 信號遲延과 비슷하게 發生하였으며, 左, 右回轉에 의한 遲延이 비교적 많이 發生하였다. 遲延時間은 大部分 頻度와 比例하여 發生하였으나, 2次 循

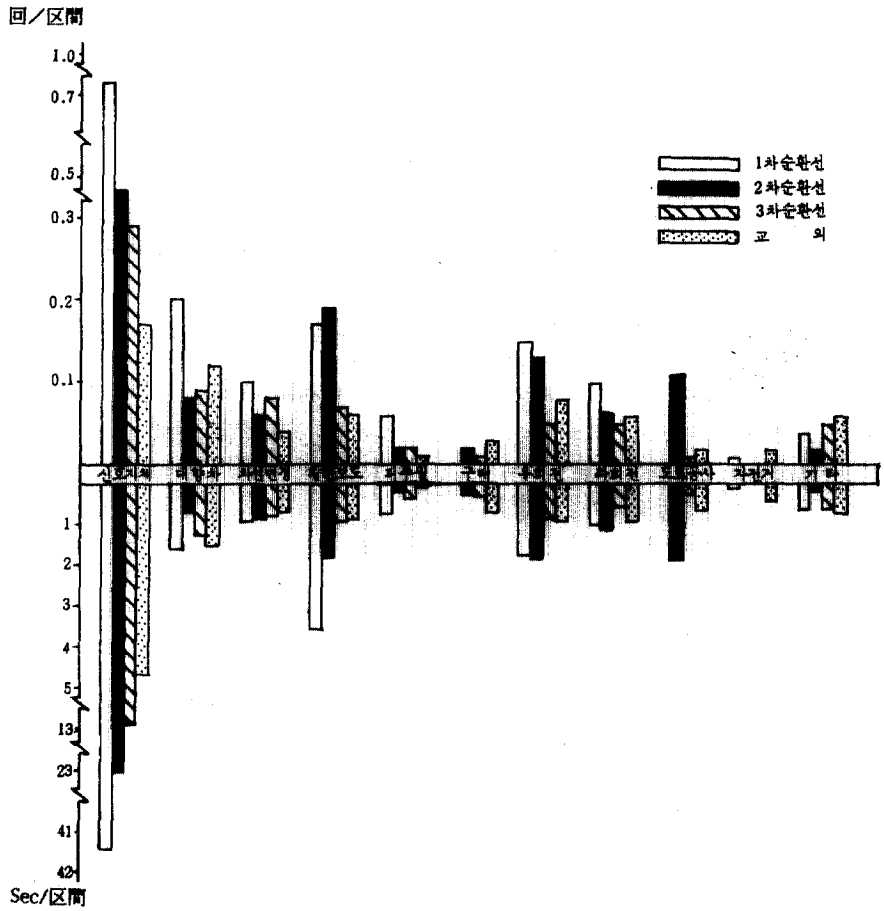

그림 3-3. 遲延要因別 遲延發生 頻度와 時間(循環線別)

還線에서의 右回轉, 左回轉에 따른 遲延時間은 상대적으로 크게 나타나 1回 遲延發生에 따른 遲延時間이 다른 循還線에 비하여 길게 나타났다.

調査區間의 數가 1次 循還線에서는 99個, 2次 循還線에서는 114個, 3次 循還線에서는 219個로 각기 다르므로 各 循還線別 比較를 위하여 發生頻度와 時間을 調査區間 數로 나누어 나타낸 것이 그림 3-3이다.

그림 3-3에서 信號遲延은 1次 循還線 內에서 郊外地域으로 갈수록 減小하는 것으로 나타났으며, 對向車에 의한 遲延은 2次 循還線 內에서 減小하여 나타났다가 郊外地域으로 갈수록 조금씩 增加하는 추세이다.

車線變更에 따른 遲延은 1次 循還線 內에서 가장크며 3次 循還線, 2次 循還線, 郊外地域의 順으로 減小하여 나타났다. 橫斷步道에 의한 遲延은 2次 循還線에서 가장 크며, 3次 循還線과 郊外地域에서 減小하였다.

被追越에 의한 遲延은 全般的으로 낮게 發生하였으나, 1次 循還線 內에서 가장 높은 것으로 나타났다. 右回轉에 따른 遲延은 1,2次 循還線 內에서 크게 發生하였고, 左回轉에 의한 遲延은 右回轉과 비슷한 傾向이나 右回轉보다 낮은 頻度를 보이고 있다. 自轉車에 의한 遲延은 1次 循還線 內에서와 郊外地域에서만 發生하였으며, 2,3次 循還線 內에서는 發生하지 않았다.

3.3 時間帶別 沮害要因

時間帶別 沮害要因을 比較하면 그림 3-4와 같다.

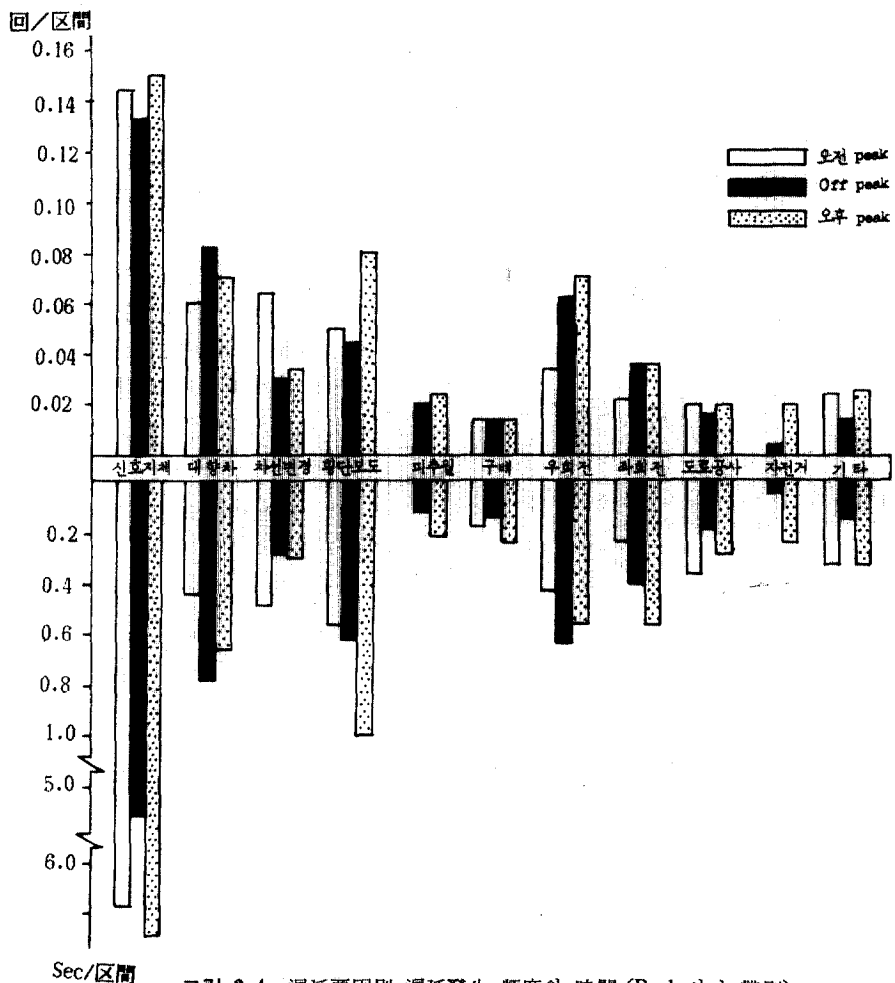

그림 3-4. 遲延要因別 遲延發生 頻度와 時間 (Peak 시간 帶別)

各 時間帶別로 沮害要因의 發生頻度와 遲延時間은 큰 差異가 없는 것으로 나타났다.

午前 peak에서는 信號, 車線變更, 對向車, 橫斷步道 等의 順으로 遲延이 發生하였다. off peak에서는 信號, 對向車, 右回轉, 橫斷步道 等의 順으로 遲延이 나타났으며, 午後 peak에서는 信號, 橫斷步道, 右回轉 等의 順으로 遲延이 發生하였다.

4. 버스 走行速度 模型

4.1 數量化 理論에 의한 沮害要因 分析

現況分析에서 把握된 速度沮害 要因을 統計的 分析에 依하여 그 沮害 程度를 糾明하기 위하여 定性的 變數를 定量的으로 다룰 수 있다는 점과 速度에의 影響을 category 別로 把握할 수 있다는 점을 考慮하여 數量化 理論 I類를 使用하였다.

R個의 要因에서 各 要因에 包含되는 k_j個의 category는 해당 category를 1, 그 외의 category는 0으로 定量化된 數値를 기입한다.

$$\text{즉, } X_i(j,k)=\begin{cases}1 : \text{Item } j\text{에서 category } k\text{에 반응한 때}\\ 0 : \text{Item } j\text{에서 category } k\text{ 이외의 category에 반응한 때}\end{cases} \tag{4-1}$$

그리고 $X_i(j,k)$에 관해서는 다음의 關係가 成立해야 한다.

$$\left.\begin{aligned}&\sum_{k=1}^{kj}X_i(j,k)=1\\&\sum_{i=1}^{n}X_i(j,k)=njk\\&\sum_{k=1}^{kj}\cdot\sum_{i=1}^{n}X_i(j,k)=n\end{aligned}\right\} \tag{4-2}$$

단, njk는 j番째 屬性에 關聯하는 것이고, k番째의 category에 반응하는 個體의 總數가 된다.

R個의 각각의 屬性에서 k_j個의 각각의 category에 대해서 $A_{jk}(j=1,2,3,4,5,\cdots,k\,;\,k=1,2,3,4,5,\cdots kj)$로 되는 數値를 부여할 때 個體 i에 대한 새로운 合成變數는 다음과 같이 定義한다.

$$a_i=\sum_{j=1}^{R}\sum_{k=1}^{ki}X_i(j,k)\cdot A_jk \tag{4-3}$$

數量化 理論은 이 category score A_{jk}를 決定하는 方法에 관한 理論이다.

本 硏究에서는 街路의 上限速度, 交叉點數, 橫斷步道數, 交通量, 車線數, 乘車人員, 下車人員 등의 9個의 要因에 대하여 각 要因을 2~4個의 category로 分類하여 統果를 時間帶別로 導出하였다. 이상의 統果를 表4-1에 나타내었다.

表 4-1에서 각 要因別 category score의 最大値와 最小値의 차이가 range이며 range의 크기가 要因의 程度를 나타낸다.

數量化 理論에 의한 分析統果를 살펴보면, off peak時에는 地域(循還線), 車線數, 橫斷步道數 順으로 버스 區間平均 速度에 惡影響을 미치고, 午後 peak時는 地域(循還線), 交叉點數, 車線數의 順으로 走行速度 遲延要因을 나타내고 있다.

數量化 理論에 의한 速度沮害要因 分析의 妥當性을 檢討하기 위하여 category score로 부터 버스 區間 平均速度를 再生시켜 實測値와 比較하였다.

各 時間帶別로 速度平均値에 各 區間의 해당 category score를 合하여 各 區間의 平均速度를 구하여 從軸에 豫測値를, 橫軸에 實測値를 plot한 것이 그림 4-1과 같다. 그림에서 알 수

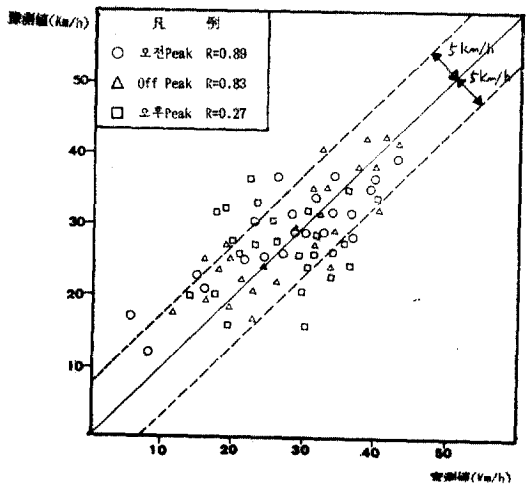

그림 4-1. 實測値와 豫測値와의 關係

表 4-1. 數量化 理論 1類 分析結果

요 인	Category	Sample 수			Category Score			Range(순위)		
		오 전	Off	오 후	오 전	Off	오 후	오 전	Off	오 후
가로의 제한속도 (km/h)	40	68	78	63	−1.448	−3.814	0.373	2.608	9.800	1.730
	50	91	77	99	1.160	−0.328	0.480	(6)	(2)	(8)
	60	44	57	48	−0.162	5.986	−1.249			
교차점 갯수 (개)	0	90	97	98	3.014	2.821	−2.476	0.614	5.200	4.623
	1 이상	113	115	113	2.400	−2.379	2.147	(8)	(3)	(2)
횡단보도 갯수 (개)	0	45	42	45	−2.602	−2.533	1.216	4.522	4.690	2.022
	1	85	97	89	−0.187	−0.526	0.082	(3)	(4)	(6)
	2 이상	73	73	77	1.920	2.517	−0.806			
교 통 량 (대/h)	0~1000	93	105	102	−0.236	2.812	1.016	0.408	1.889	1.966
	1001이상	110	107	109	0.172	0.922	−0.950	(9)	(7)	(7)
차 선 수 (개)	1	45	45		2.884	7.283				
	2	39	39	83	0.827	−0.519	−0.971	4.831	13.620	4.175
	3	74	84	83	−1.947	−0.340	−0.766	(2)	(1)	(3)
	4 이상	45	45	45	−0.398	−6.338	3.204			
순 환 선	1~2차	64	69	71	−2.879	−1.319	3.004	5.598	3.073	6.934
	3차	66	71	72	−0.182	−0.497	0.750	(1)	(6)	(1)
	교 외	73	72	68	2.720	1.754	−3.930			
계 통 수	1~6	97	105	98	1.578	1.741	1.485	2.982	3.450	2.773
	7 이상	106	107	113	−1.404	−1.709	−1.288	(4)	(5)	(5)
승 차 인 원 (인)	0~1	85	121	107	1.717	−0.378	1.414	2.954	0.884	2.841
	2 이상	118	91	104	−1.237	0.506	−1.427	(5)	(8)	(4)
하 차 인 원 (인)	0~1	95	114	95	1.306	0.222	−0.028	2.455	0.482	0.051
	2 이상	108	98	116	−1.149	−0.261	0.229	(7)	(9)	(9)
중 상 관 계 수	오전 : R=0.612 OFF : R=0.664 오후 : R=0.606									
평 균 치	오전 : 28.38 km/h OFF : 27.51 km/h 오후 : 27.70 km/h									

있듯이 午後 peak時의 再生性이 가장 낮으나 全體的으로는 再生性이 상당히 큰 것으로 判斷되므로 數量化 理論에 의한 要因分析은 有意하다고 생각된다.

4.2 區間平均 速度 模型

數量化 理論에 의하여 選擇된 說明變數를 導入하여 最良回歸式을 얻기 위하여 段階的 回歸分析을 하였다.

回歸分析은 地域別(循還線), 時間帶別, 그리고 全體에 대하여 實施하였으며 地域과 時間帶 變數는 dummy 變數로 취급하였다.

表 4-2 는 地域別 回歸分析의 統果이며, 表 4-3 은 時間帶別 回歸分析의 統果이다. 表 중의 上段數値는 回歸係數이며, 下段 ( ) 內는 該當 變數가 回歸式에 導入될 時의 說明力을 나타내며, 그 크기順과 變數導入順序는 일치한다.

地域別, 時間帶別로 7個의 回歸式이 說明力은 0.212~0.360 으로 比較的 弱한 편이나 F-test 統果 모두 有意水準 5%에서 統計的으로 有意하였다.

그리고 地域特性과 時間帶特性을 모두 說明變數에 合하여 說明力이 1% 上昇할 때 까지 變數를 導入한 區間速度 回歸 模型은 다음식과 같다.

表 4-2. 段階的 回歸分析 結果(地域別)

地域	常數 (a)	回歸係數 (b_n) 交通量 (X_1)	車線數 (X_2)	系統數 (X_3)	制限速度 (X_4)	交叉點數 (X_5)	時間帶 (X_6)	重相關係數	F-値
1次循還線	38.52		−2.870 (0.08)	−0.626 (0.15)		−1.128 (0.01)	−1.426 (0.03)	0.52 (0.270)	3.99•
2次循還線	38.77	−0.006 (0.12)		−0.325 (0.02)	−0.087 (0.01)	−6.656 (0.16)	1.963 (0.05)	0.60 (0.360)	5.47•
3次循還線	38.59				−0.117 (0.01)	−6.710 (0.19)	−0.561 (0.01)	0.46 (0.212)	8.89•
郊外	49.44		−5.079 (0.09)			−7.439 (0.12)	−1.214 (0.01)	0.46 (0.212)	6.14•

( )는 說明力(R^2)
• : 有意水準 5%에서 有意

表 4-3. 段階的 回歸分析 結果(時間帶別)

時間帶	常數 (a)	回歸係數 (b_n) 交通量 (X_1)	車線數 (X_2)	系統數 (X_3)	制限速度 (X_4)	交叉點數 (X_5)	循還線 (X_6)	重相關係數	F-値
午前 Peak	34.07	−0.04 (0.02)	−2.359 (0.05)			−6.714 (0.11)	2.947 (0.25)	0.66 (0.435)	16.55•
Off Peak	33.57		−1.721 (0.01)	−0.296 (0.04)		−7.691 (0.21)	1.816 (0.15)	0.64 (0.410)	15.39•
오후 Peak	13.83				0.089 (0.02)	−3.105 (0.04)	4.095 (0.22)	0.53 (0.281)	11.60•

( )는 說明力(R^2)
• : 有意水準 5%에서 有意

$$Y=25.74-1.554X_2-0.254X_3+0.072X_4$$
$$-5.527X_5+2.940X_7$$

단, X_2 : 車線數　X_3 : 系統數
X_4 : 上限速度　X_5 : 交叉點數
X_7 : 地域變數

여기서, 重相關係數는 0.59, F-値는 2.91로 5% 有意水準에서 有意하였다.

4.3 走行速度 模型의 適合性

地域別, 時間帶別 그리고 全體에 對한 8 case의 區間平均速度 模型의 適合度를 檢討하기 위하여 豫測値와 實測値를 比較하였다.

그림 4-2 는 地域(循還線)別, 區間平均速度의 豫測値와 實測値를 plot 한 것으로 1, 2次 循還線의 경우는 상당히 適合度가 큰 것으로 判斷된다.

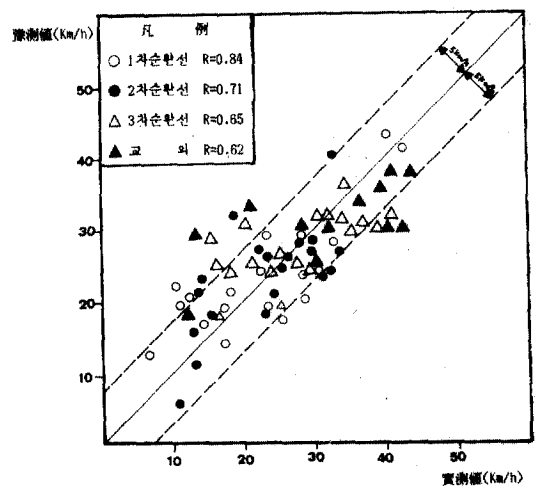

그림 4-2. 實測値와 豫測値와의 關係(循還線別)

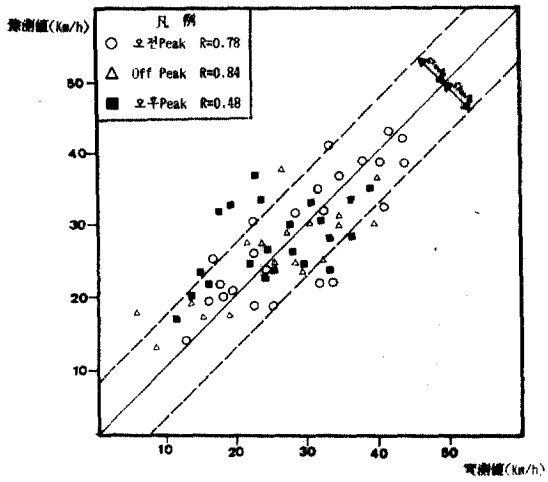

그림 4-3. 實測値와 豫測値와의 關係(時間帶別)

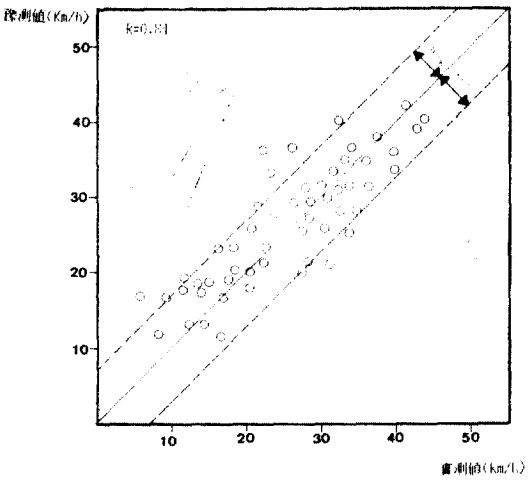

그림 4-4. 實測値와 豫測値와의 關係(total)

그림 4-3은 時間帶別로 適合度를 檢討한 것이며, 午後 peak時는 多少 適合度가 낮으나 그 이외는 상당히 適合性이 좋다.

그리고 그림 4-4는 全體의 경우로 適合度는 모든 경우에서 가장 높은 것으로 判斷되므로 區間平均速度 豫測 模型로 提案한다.

5. 結 論

本 硏究는 버스 走行 沮害要因을 交通現象 調査, 分析에 의하여 把握하고 그 要因의 沮害程度를 數量化 理論(1類)에 의하여 統計的으로 糾明하였다.

數量化 理論에 의하여 速度 沮害程度別로 分類된 要因을 說明變數로 하여 段階的 回歸分析 方法으로 버스 平均速度 模型을 作成하고 그 適合度를 檢討한 것이다.

버스 走行은 信號에 의하여 크게 沮害를 받으며 區間平均速度는 地域(循還線), 車線數, 交叉點數, 橫斷步道數에 따라 크게 變動된다.

地域別, 時間帶別로 나누어 버스 區間 平均速度 Model을 構築하였으나 全體의 경우 보다 適合度가 낮으므로, 都市 버스 最適運行을 위한 基礎資料로써 버스 區間平均速度를 豫測할 時는 全體 模型이 有效하리라 생각된다.

參 考 文 獻

1. 天野光三 "計量都市計劃"丸善 株式會社 昭和 57年
2. 毛利正光 "土木計劃學" 國民科學社 昭和 58年
3. 小林龍一 "數量化 理論 入門" 日科技連 1981年
4. N.R. Draper, H. Smith "*Applied Regression Analysis*," John Wiley & Sons. Inc., 1966年
5. Martin Wohl, "*Traffic System Analysis for Engineers and Planners*," McGraw-Hill, 1967年
6. 金甲洙 "環境騷音의 豫測과 評價에 關한 硏究" 1985年
7. 金大雄 "大邱直轄市 버스 交通 改善方案에 관한 硏究" 市政硏究 1986年

(接受 : 1987. 5. 6)