

□ 論 文 □

左回轉運轉者의 間隔受諾行態 模型

Gap-Acceptance Behavior Model of Left-Turn Drivers.

金 京 煥*

(慶尙大 教授)

目 次

I. 序 論	IV. 擬態 電算프로그램의 開發
II. 關聯研究의 考察	V. 模型의 比較評價
III. 車頭間隔分布模型	VI. 結 論

ABSTRACT

This study was undertaken to develop the gap acceptance model of left-turn drivers on the major road at intersections. Typical unsignalized intersections on the two-lane and four-lane streets in Masan City were selected for the study intersection.

For the gap distribution model, the lognormal, negative exponential, shifted negative exponential, and Gamma distributions were tested using the χ^2 and K-S tests. Based on the results for both streets, it was concluded that among the distributions tested the lognormal distribution represented the gap distribution best, followed by the shifted negative exponential distribution.

Stochastic models of the gap-acceptance behavior of left-turn drivers on the major road at unsignalized intersections were programmed using SLAM II, a simulation computer language. A stochastic model was selected for the gap-acceptance behavior to compare the results of the simulation with the observed data. The model assumes that a fixed critical acceptance gap is assigned to each left-turn driver based on a normal distribution and the gap distribution of the opposing traffic stream follows the shifted negative exponential distribution.

I. 序 論

現場實驗의 制約으로 因하여, 擬態技法(simulation technique)이 交叉路에서의 交通流研究를 위한 一般的 技法으로 使用되었다. 交叉路에서의 主街路와의 左回轉運轉者의 間隔受諾行態(gap-acceptance behavior)를 擬態할 模型을 開發하는 것은 左回轉車線이나 左回轉信號의 工學的 設計基準의 開發과 交叉

路의 容量分析 및 交通運營研究를 위하여 必要하다. 國內의 이 分野의 研究에서는 外國에서 開發된 電算프로그램에 內藏된 模型을 그대로 使用하는 實情이므로 國內 運轉者의 間隔受諾行態에 基礎한 間隔受諾模型의 開發이 要求된다.

本 研究의 目的은 國內 主街路와 左廻轉運轉者의 間隔受諾行態를 擬態할 擬態模型을 開

* 本 學會正會員 · 工學博士

發하는데 있다. 이 目的을 達成하기 위하여 다음의 目標가 設定되었다.

1. 臨界受諾間隔分布를 나타내기 위한 確率模型의 設定.
2. 都市交通의 車頭間隔分布를 나타내기 위한 確率模型의 設定.
3. 主街路와 個別的 左回轉運轉者의 間隔受諾行態를 擬態할 電算프로그램의 開發.

目標 1은 參考文獻 1에서 研究되었으므로 本 研究에서는 目標 2, 3에 對하여 研究하고자 한다.

本 研究에서는 平均速度 50 km/h의 都市地域에서의 乘用車 運轉者의 主街路上에서의 間隔受諾模型이 研究되었다.

II. 關聯研究의 考察

1. 間隔受諾模型

副街路上의 左回轉運轉者의 間隔受諾模型은 主街路上 左回轉運動者에 類推適用할 수 있으므로 副街路上 左回轉運轉者의 間隔受諾模型이 考察되었다. 個別的 運轉者의 間隔受諾模型으로는 一般的으로 3類型이 使用되었다. 첫째는 Raff²⁾의 臨界間隔(critical lag)을 利用한 step function이다. 이 模型은 모든 運轉者가 臨界間隔보다 큰 間隔은 受諾하며 작은 間隔은 拒絕한다고 假定한다. 이 模型을 利用하여 Adams³⁾는 交叉路에서 遲滯되는 車輛의 比率를 算出하는 式을 誘導하였다.

둘째는 Weiss와 Maradudin⁴⁾이 獨立된 車輛의 遲滯에 관한 研究에서 提案된 것으로 副街路의 待期運轉者는 主街路上의 車頭間隔各各에 대하여 獨立된 受諾 또는 拒絕의 決定을 내린다고 假定한다. 이 때의 各 車頭間隔에 대한 臨界受諾間隔은 한 假定된 分布를 이룬다. 이 模型은 不一貫性 模型으로 한 待期運轉者가 比較的 큰 間隔은 拒絕한 후 다음의 보다 짧은 間隔은 受諾할 수 있다. 이러한 現狀은 主街路上의 높은 交通量으로 長期間 待期한 運轉者나 自己 뒤의 待期車輛으로

因하여 심리적 壓迫을 받은 運轉者에서 볼 수 있다.

세째는 Yeo와 Weesakul⁵⁾에 依하여 提案된 것으로 個個의 運轉者마다 다른 값을 갖는 固定된 臨界受諾間隔이 한 假定된 分布에 따라 各 運轉者에게 주어진다. 이 模型은 둘째 模型에 對하여 一貫性 模型으로 한 運轉者는 以前에 拒絕한 間隔보다 짧은 間隔은 受諾하지 않는다.

參考文獻 1의 研究結果에 依하면, 國內 主街路上에서의 左回轉運轉者의 臨界間隔分布는 定規分布나 對數定規分布를 따른다고 볼 수 있으며 分析結果는 <表 1>과 같다. <表 1>에서의 修正된 平均은 Ashworth⁶⁾의 技法을 利用하여 수정되었다.

<표 1> 臨界受諾間隔의 probit 분석결과

분 포	파라메타	2차선가로	4차선가로
정규분포	표본평균(초)	3.18	3.66
	수정평균(초)	2.98	3.38
	표준편차(초)	1.21	1.26
대수 정규분포	표본평균(초)	3.20	3.71
	수정평균(초)	2.93	2.34
	표준편차(초)	1.46	1.45

2. 車頭間隔分布

個別的 車輛의 車頭間隔分布로서 Gerlough와 Barnes⁷⁾은 自由 交通流에 대하여는 陰指數分布(negative exponential distribution)를 混雜한 交通流에 대하여는 Gamma(Erlang) 分布를 추천하였다. Lee⁸⁾ 등은 낮은 交通量(200 vph/車線 보다 적은 때)에서는 陰指數分布를 보통의 交通量(200~600 vph/車線)에서는 對數定規分布나 移動된 陰指數分布(shifted negative exponential distribution)를 그리고 높은 交通量(600 vph/車線 보다 많은 때)에서는 移動된 陰指數分布를 추천하였다. Schuhl⁹⁾의 복합분포(composite distribution)는 實際의 狀況을 잘 나타낼 것으로 看做되나 파라메타의 推定과 關聯된 問題로 擬態研究를 위한 模型으로 使用

하기에는 어려움이 있다.

Ⅲ. 車頭間隔分布 模型

車頭間隔分布 模型 設定을 위하여 副都心에 位置한 馬山市 보훈지청앞 2車線街路上의 交叉路와 화양리 1동 어린이 놀이터앞 4車線街路上의 交叉路에서 現場實測한 參考文獻 1에서 收集한 資料를 使用하였다. 2車線街路上에서 401個의 車頭間隔과 4車線街路上에서 464個의 車頭間隔이 分析되었다. Gerlough와 Barnes⁷⁾는 counting distribution에서 觀測回數는 50이나 그 以上이 될 것을 願하고 있다. 本 研究에서, 車頭間隔은 1秒單位로 區分되었다. 2車線街路와 4車線街路의 車頭間隔資料의 統計値는 다음과 같다:

2車線街路

最小 車頭間隔(秒) :	0.3
最大 車頭間隔(秒) :	45.3
範圍(秒) :	45.0
平均(秒) :	6.26
分散(sec ²) :	48.61

4車線街路

最小 車頭間隔(秒) :	0.3
最大 車頭間隔(秒) :	30.2
範圍(秒) :	29.9
平均(秒) :	4.56
分散(sec ²) :	24.85

車頭間隔分布로 對數定規分布, 陰指數分布, 移動된 陰指數分布, 그리고 Gamma 分布의 4類型的 確率分布가 檢定되었다. 이러한 分布들은 Gerlough와 Barnes⁷⁾ 그리고 Lee⁸⁾ 등에 依하여 車頭間隔의 分布模型으로 추천되었다.

위의 分布들의 數式은 다음과 같다:

1. 對數定規分布

$$\text{lg}n(t; m, \sigma) = \frac{1}{\sigma + \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{\log t - m}{\sigma}\right)^2\right\} \quad (\text{式 } 1)$$

$$t > 0; -\infty < m < \infty; \sigma > 0.$$

2. 陰指數分布

$$e(t; \lambda) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (\text{式 } 2)$$

$$t > 0; \lambda > 0$$

3. 移動된 陰指數分布

$$\text{se}(t; T, \tau) = \frac{1}{T - \tau} \exp\left(-\frac{t - \tau}{T - \tau}\right) \quad (\text{式 } 3)$$

$$t > \tau; \tau > 0.$$

4. Gamma

$$\text{ga}(t; \lambda, \alpha) = \frac{\lambda}{\Gamma(\alpha)} (\lambda t)^{\alpha-1} \exp(-\lambda t) \quad (\text{式 } 4)$$

$$t > 0; \lambda, \alpha > 0$$

對數定規分布의 파라메타 m 과 σ 는 다음의 式 5¹⁰⁾를 利用하여 推定되었다.

$$\bar{x} = \exp(m + 0.5 \sigma^2)$$

$$s^2 = \exp(2m + \sigma^2) \left\{ \exp(\sigma^2) - 1 \right\},$$

\bar{x} = 추정된 平均,

s^2 = 추정된 分散,

m = 대수값으로 추정된 平均,

σ^2 = 대수값으로 추정된 分散.

陰指數分布의 λ 는 $1/T$ 로 推定되었다. 여기에서 T 는 車頭間隔들의 平均이다. 移動된 陰指數分布에서는 最小 車頭間隔 τ 는 頻度分布로부터 推定되었다. Gamma 分布의 λ 는 T/s^2 (여기에서 s^2 는 車頭分布의 分散)로

〈表 2〉車頭間隔分布模型 分析結果

분 포	파라메타	χ^2	자유도	K - S 검정의 D 값
<u>2 차선가로</u>				
대수정규	$\sigma^2 = 0.807$	47.99	16	0.0636
이동된 음지수	$\tau = 1.00$	45.14	15	0.9181
음 지 수	116.53	18	0.1227
Gamma	$\alpha = 0.81$	133.62	18	0.1660
<u>4 차선가로</u>				
대수정규	$\sigma^2 = 0.786$	37.96	13	0.099
이동된 음지수	$\tau = 0.50$	60.35	15	0.103
음 지 수	82.58	15	0.078
Gamma	$\alpha = 0.84$	93.04	15	0.115

推定되었으며 파라메타 α 는 T^2/s^2 로推定되었다.

두 街路의 現場實測資料들을 確率模型에 檢定하고자 “交叉路交通을 위한 Texas 模型 (Texas Model for Intersection Traffic)”⁸⁾에 포함되어 있는 “車頭間隔分布” 프로그램을 修正하여 使用하였다. 分析의 結果는〈表 2〉와 같다.

〈表 2〉에서, 2車線街路에서의 對數定規分布의 K - S檢定(Kolmogorov-Smirnov test) 値를 除外하고는 모든 값들이 5% 有意水準에서 棄却되었다. 兩街路에 대한 實測頻度分布와 對數定規分布 및 移動된 陰指數分布가 〈그림 1과 2〉에 各各 圖示되었다. 위의 分析 結果에서 對數定規分布가 車頭間隔分布를 가장 잘 나타내었으며, 다음이 移動된 陰指數分布이었다.

IV. 擬態 電算프로그램의 開發

本 研究에서의 資料分析 및 文獻考察에서의 文獻研究에 基礎하고 本 研究에서 하나의 새로운 模型을 提案하여 6個의 推計模型이 左

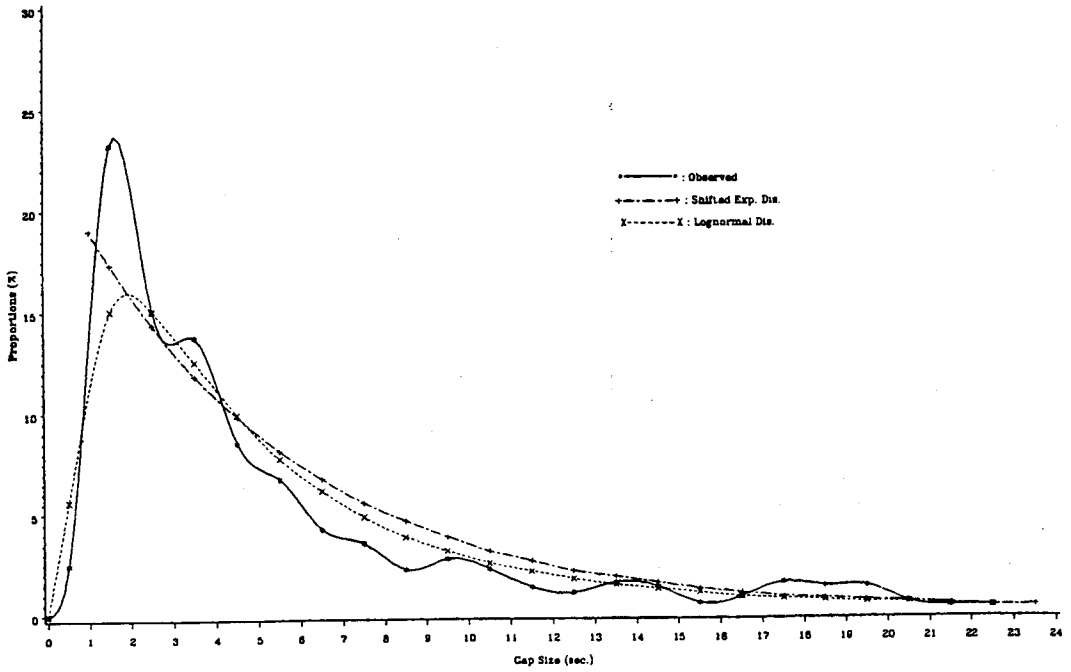
回轉運轉者의 間隔受諾模型으로 假定되었다.

模型 1. 左回轉運轉者의 間隔受諾은 하나의 step function이다. 모든 左回轉運轉者는 臨界間隔보다 짧은 間隔은 拒絕하고 긴 間隔은 受諾한다. 本 模型에서의 臨界間隔은 〈表 1〉의 定規分布의 平均値이다.

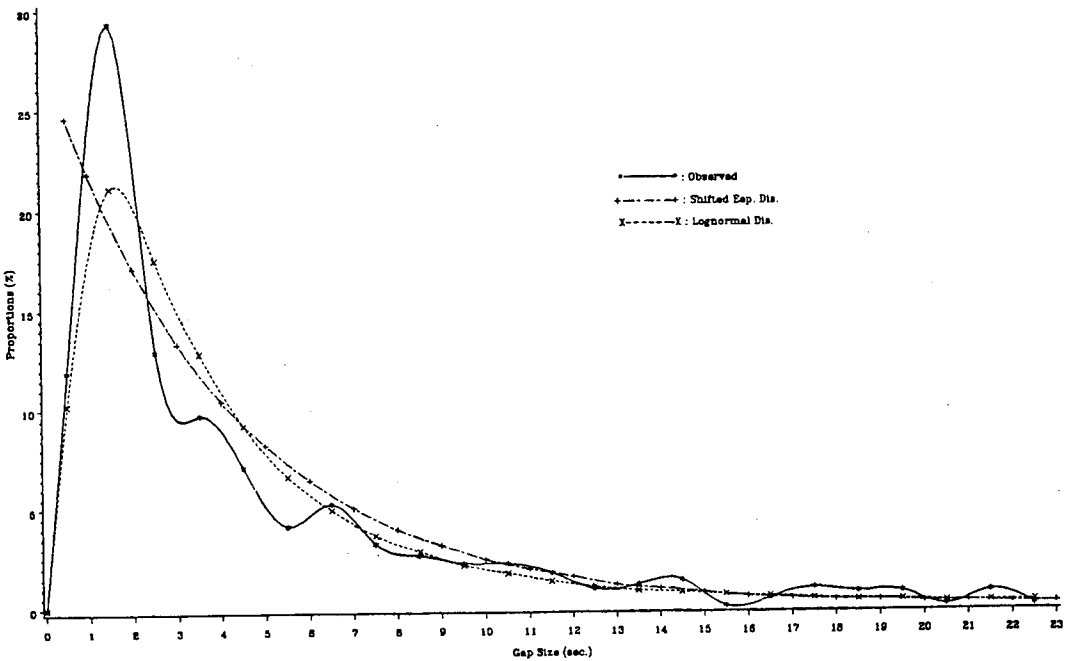
模型 2. 固有의 臨界受諾間隔이 各 左回轉運轉者에게 주어지며, 이 臨界受諾間隔들은 하나의 假定된 定規分布에 따라 各 運轉者마다 다른 값을 갖게 된다. 對數定規分布가 臨界受諾間隔分布로 使用되었을 때, 本 模型은 對數一模型 2라 稱하였다.

模型 3. 左回轉運轉者들은 主街路 車頭間隔 各各에 대하여 獨立된 受諾 또는 拒絕의 決定을 내린다. 이때의 左回轉運轉者들의 臨界受諾間隔들은 하나의 定規分布를 이룬다. 本 模型은 한 待期中인 左回轉運轉者가 比較的 긴 間隔은 拒絕하고는 後續의 보다 짧은 間隔을 受諾할 不一貫性을 가진다. 對數 臨界受諾間隔分布의 경우, 本 模型은 對數一模型 3이라 稱하였다.

模型 4. 本 模型은 두 段階로 이루어져 있



〈그림 1〉 2차선 가로의 차두간격분포



〈그림 2〉 4차선 가로의 차두간격분포

다. 段階 1에서는 模型 2에서와 같이 固有의 臨界受諾間隔이 한 假定된 分布에 따라 各 左回轉運轉者에게 주어진다. 段階 2에서는 段階 1에서 固有 臨界受諾間隔이 주어진 運轉者가 模型 3에서와 같이 主街路 車頭間隔 各 各에 대하여 獨立된 受諾 또는 拒絶의 決定을 내린다. 그러나, 段階 2에서의 한 運轉者의 臨界受諾間隔들의 平均은 段階 1에서의 固有 臨界受諾間隔이다.

模型 4는 本 研究에서 새로이 提案된 模型으로 模型 2와 3의 短點들을 補充함으로써 가장 現實인 模型으로 看做되었다. 國內에서 主街路上에서의 個別的 左回轉運轉者의 間隔受諾에 關한 研究結果가 없으므로 模型 4의 다음의 假定들은 Ashwort와 Bottom¹¹⁾의 個別的 副街路 運轉者의 間隔受諾에 關한 研究의 結果로부터 設定되었다. 段階 1에서의 固有 臨界受諾間隔의 分布는 一樣分布(uniform distribution)를 따르며 段階 2에서의 各 運轉者의 臨界受諾間隔 分布는 定規分布를 따르는 것으로 假定하였다. 段階 2의 定規 分布의 平均은 段階 1에서의 固有 臨界受諾間隔으로 假定하였다. 個別的 運轉者들의 臨界受諾間隔의 平均(m)과 標準偏差(s²)의 最大值는 다음의 式 6과 7에서 推定되었다.

$$s^2 = -3.50 + 1.07 m \quad (\text{式 } 6)$$

$$m + 2s < 5.5 \text{ 또는 } 6.5 \quad (\text{式 } 7)$$

式 6은 Ashworth와 Bottom¹¹⁾의 研究에서 유도되었으며, 式 7은 制約函數이다. 實測資料로부터 2車線과 4車線 街路의 最大 臨界受諾間隔은 各 各 5.5와 6.5秒 以下로 制限되었다. 實測資料에서 兩街路의 最小 臨界受諾間隔들은 1.5秒로 개별적 運轉者들의 臨界受諾間隔의 平均과 標準偏差의 最少值는 各 各 2秒와 0.25秒로 하였다.

交通流에 있어서는 副街路의 交通은 主街路로부터의 左回轉에 影響을 미치지 않으며, 主街路의 한 接近路로부터의 左回轉은 다른 接

近路로부터의 左回轉에 影響을 미치지 않는 것으로 假定하였다. 한 左回轉車輛의 間隔受諾으로부터 進行車線을 떠날 때까지의 maneuver time은 左回轉運轉者의 間隔受諾의 한 要素이다.

兩街路에서의 左回轉運轉者의 maneuver time의 分布는 <表 3>과 같으며 平均値는 2秒이었다. 本 研究에서의 左回轉運轉者의 maneuver time은 위의 平均値 2秒로 하였다.

<表 3> Maneuver Time 分布

간격(초)	觀測回數
0.0 - 1.0	14
1.0 - 2.0	30
2.0 - 3.0	20
3.0 - 4.0	10
4.0 - 5.0	3

上記 6個의 左回轉運轉者의 間隔受諾模型은 SLAM II¹²⁾ 擬態 컴퓨터語를 利用하여 電算化하였다. 2車線街路의 模型 1과 2의 흐름도는 <그림 3>과 같다.

重要한 入力變數와 出力은 다음과 같다.

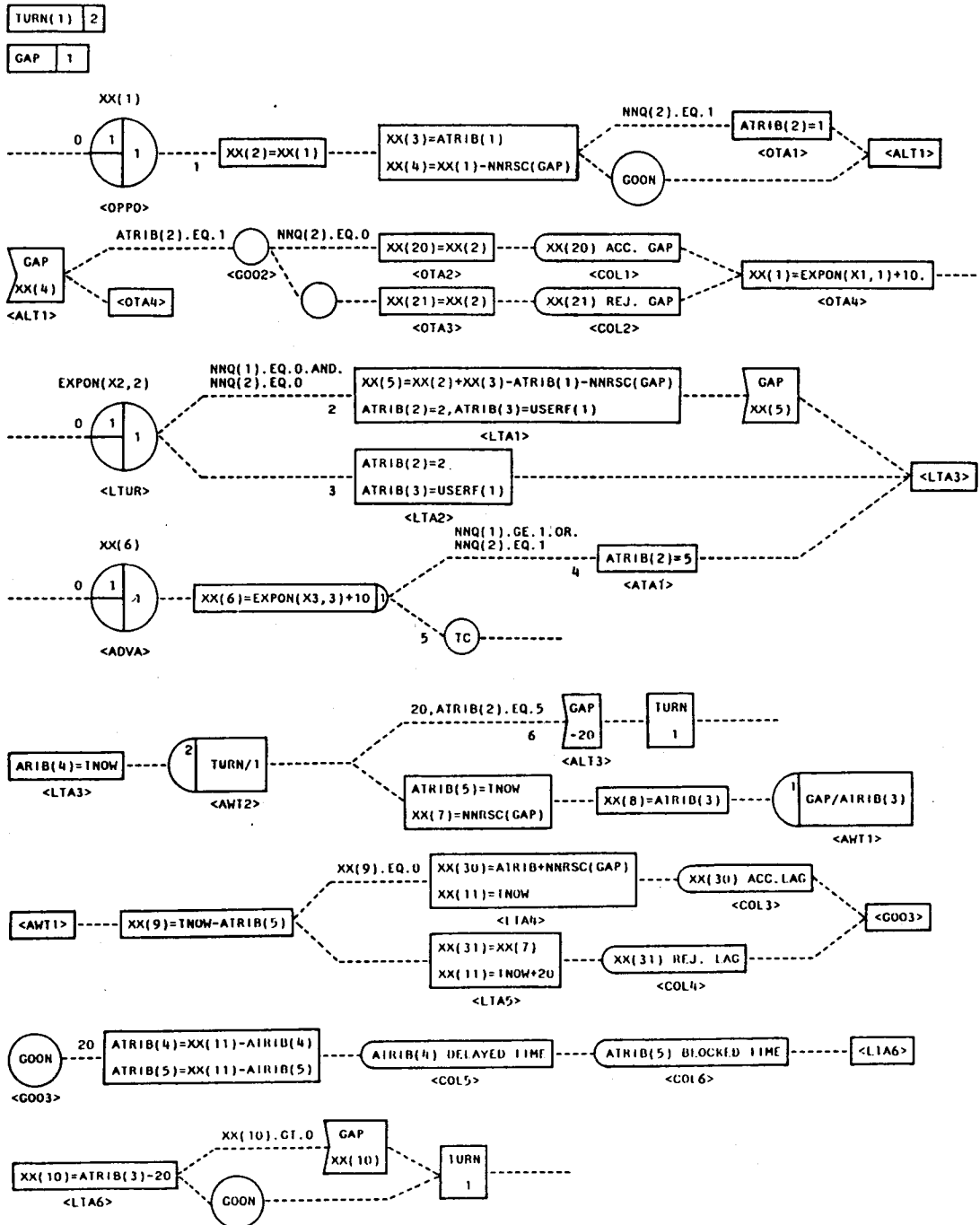
入 力 ;

車頭間隔分布의 파라메타,
臨界受諾間隔分布의 파라메타,
Maneuver Time .

出 力 ;

各 交通流의 交通量,
受諾된 lag 또는 gap,
拒絶된 lag 또는 gap,
遲滯時間의 統計,
遮斷時間의 統計,
臨界受諾間隔分布의 統計,
車頭間隔分布의 統計,
直進車와 左回轉車 間의 摩擦.

위의 出力에서의 遮斷時間은 左回轉車輛으



<그림 3> 2車線 街路模型 1과 2의 SLAM Network 模型

〈表 4〉 模型들의 遮斷時間比率 比較

모 형	2 차선가로		4 차선가로	
	차단간격분포		차단간격분포	
	대수정규	이동된음지수	대수정규	이동된음지수
실 측	2.9		9.8	
모형 1*	2.8	2.7	9.5	9.5
모형 2*	2.3	2.5	11.8	10.2
대수-모형 2	2.5	2.6	13.4	11.8
모형 2	2.6	2.5	11.6	10.7
대수-모형 3*	2.5	2.6	11.3	10.1
모형 4*	2.4	2.4	10.5	10.2

로 인한 進行車線의 遮斷時間을 나타낸다.

V. 模型의 比較評價

2車線街路의 各 擬態는 4時間 동안 3時間 동안 遂行되었다. 各 擬態의 期間은 安定된 間隔受諾曲線을 얻도록 選擇되었다.

24個 擬態(2類型의 街路 × 2個의 車頭 間隔分布 × 6個의 間隔受諾模型)의 1時間 當 遮斷時間은 〈表 4〉와 같다.

〈表 4〉에서 2車線街路의 擬態模型에 의한 遮斷時間은 實測值보다 적은 값을 보이는 반면, 4車線街路에서의 大部分의 擬態값들은 實測值보다 큰 값을 보이고 있다. 모든 模型에 대하여 對數定規分布와 移動된 陰指數分布의 두 車頭間隔分布의 遮斷時間 比率을 比較할 때, 2車線 街路에서는 매우 가까운 반면 4車線 街路에서는 對數定規分布가 보다 큰 값을 보이고 있다. 4車線 街路의 交通

〈表 5〉 模型 1, 2, 4 와 대수-모형 3의 다른 통계치들의 비교

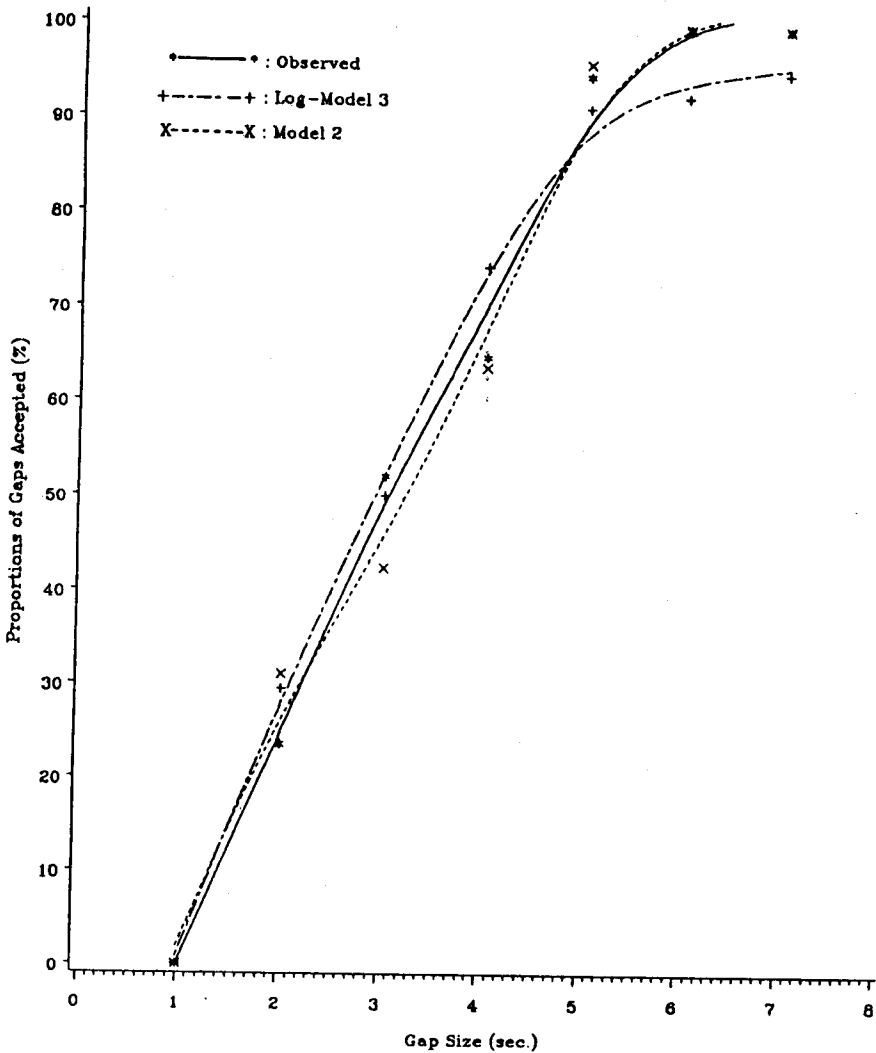
통 계	실 측 모형 1		모형 2	대수-모형 3	모형 4
	2 차선가로				
차단시간(%)	2.9	2.7	2.5	2.6	2.4
지체시간(초/시간)	150	126	144	135	95
교통충돌(/시간)	10.7	5.2	7.5	6.5	5.3
적합도검정(x^2)	—	—	3.14	0.64	25.01*
임계 Lag(초)	2.6	3.0	2.7	3.0	2.7
평균지체시간(초/차량)	—	5.4	22.8	6.1	—
대향교통량 1,300대/시간					
	4 차선가로				
차단시간(%)	9.8	9.5	10.2	10.1	10.2
지체시간(초/시간)	507	406	482	430*	437*
적합도검정(x^2)	—	—	5.96	45.85	17.9
임계 Lag(초)	3.2	3.3	3.2	3.3	3.2
평균지체시간(초/차량)	—	18.1	133.7	11.4	—
대향교통량 1,800대/시간					

량이 2車線街路의 交通量보다 對向 交通量에 있어서는 30% 左回轉 交通量에 있어서는 280% 많은 점을 고려할 때, 對數定規 車頭間隔 分布의 交通量에 대한 遮斷時間의 彈性值가 이동된 음지수 차두간격분포에서 보다 큰 것으로 看做 된다.

하나의 確率分布가 推計模型으로 選擇될 때 는 파라메타의 推定問題가 신중히 고려되어야 한다. 두 車頭間隔分布를 比較할 때, 두 分布

共히 2個의 파라메타를 必要로 한다. 그러나, 移動된 陰指數分布의 한 파라메타, τ 는 交通量의 變化에 對하여 比較的 安定된 반면, 對數定規分布의 한 파라메타, σ^2 은 交通量의 變化에 따라 다른 값을 가지며 變하는 交通量에 對하여 豫測할 수 있는 基準이 없다.

〈表 4〉의 結果와 Lee⁸⁾ 등의 추천 및 위의 問題들을 고려하여 移動된 陰指數分布가 本 研究의 車頭間隔分布 模型으로 選擇되었다. 陰

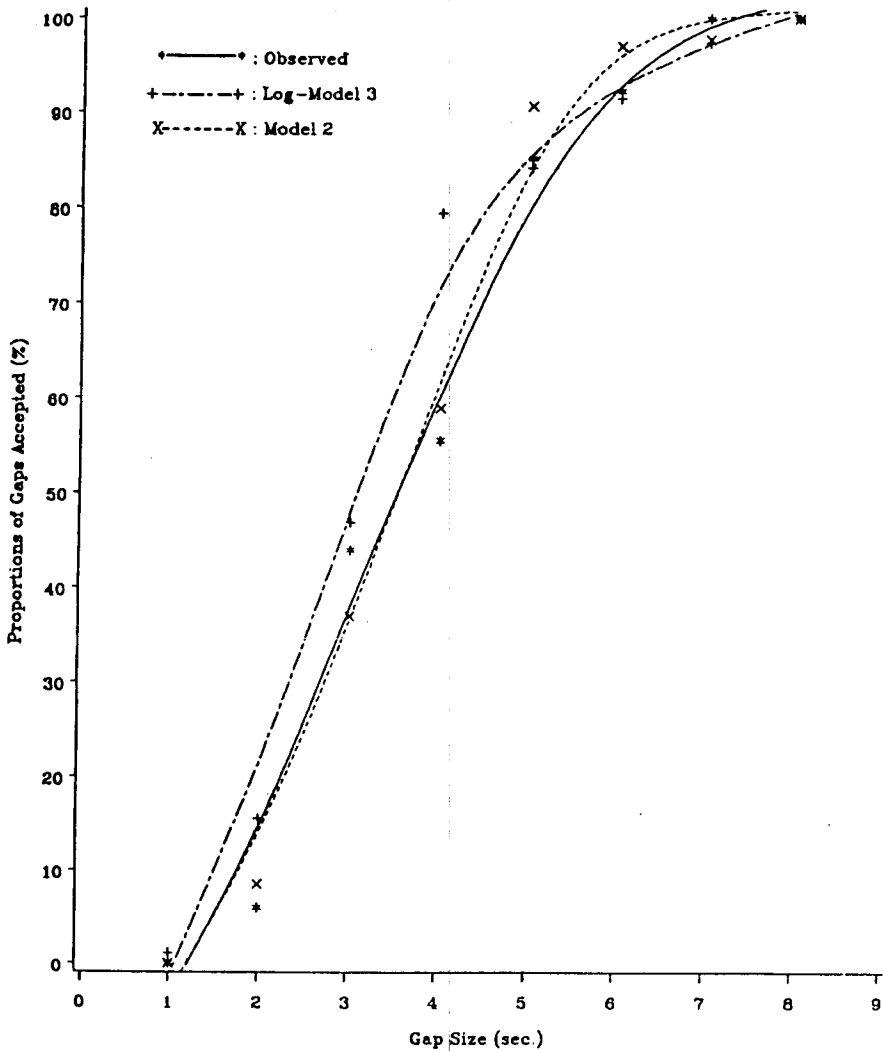


〈그림 4〉 2차선가로의 간격수락곡선의 비교

指數 車頭間隔分布만을 고려할 때 模型 1, 2 및 對數-模型 3에서 보다 實測值에 가까운 값을 얻었다. 移動된 陰指數分布를 車頭間隔分布로 하고, 各 類似模型들로부터 하나씩의 模型을 選定하여 模型 1, 2, 4 및 對數-模型 3의 다른 統計值들은 <表 5>와 같다.

<表 5>에서의 平均遲滯는 주어진 對向交通量에서의 左回轉車輛의 平均遲滯를 나타낸다. 車頭間隔들의 受諾比率에 대한 카이자승檢定에

서 模型 2만이 兩街路에서 5% 有意水準에서 棄却되지 않으며 模型 2의 遲滯時間들은 兩街路에서 實測值들에 보다 가깝다. 그러나 2 車線街路에서 交通摩擦의 實測值와 擬態值間に 상당한 差가 있다. 그 理由들중 하나는 다음의 사실에서 찾을 수 있을 것이다. 現場觀測에서는 左回轉車輛으로 因하여 停止하거나 緩速으로 進行하는 車輛은 交通摩擦에 計算되었으나, 擬態模型에서는 擬態가 계수형



<그림 5> 4차선가로의 간격수락곡선의 비교

컴퓨터에 의하여 遂行되므로 緩速으로 進行하는 車輛은 計算될 수 없었다. 擬態模型에 의한 遲滯時間이 實測值보다 적은 것도 위의 사실에 起因한 것으로 판단된다. 2車線行路에서 遲滯時間에 큰 差를 보이며 適合度 檢定에서 兩街路에서 有意的인 模型 4를 除外한 模型들의 兩街路에서의 間隔受諾曲線들을 <그림 4와 5>에 나타내었다.

2車線街路에서 模型 2와 對數-模型 3의 曲線들은 對數-模型 3이 큰 間隔에서 間隔受諾比率를 過少評價하는 傾向을 除外하고는 實測值에 가까운 값을 보이고 있다. 4車線街路에서는 模型 2의 曲線이 對數-模型 3보다 實測值에 보다 가깝다. 對向交通量에 對한 左回轉 車輛 遲滯의 敏感度에 있어, Michalopoulos¹⁾ 등의 研究에 의한 左回轉 飽和交通量에서 模型 2에서 가장 現實的인 값을 얻었다.

모든 統計值를 고려할 때, 本 研究에서 檢討된 模型 중에서 模型 2가 兩街路에서 主街路에서 主街路上的 左回轉運轉者의 行態를 가장 잘 나타내었다. 模型 4가 가장 現實的인 模型으로 看做되었으나 外國의 副街路上的 個別的 運轉者의 間隔受諾에 關한 研究로부터 關係式이 誘導되어 좋은 結果를 얻지 못하였다.

國內 主街路上에서의 個別的 左回轉運轉者에 대한 研究로부터 模型 4의 關係式이 推

定된다면 보다 나은 結果를 얻을 수 있을 것으로 豫想된다.

VI. 結 論

馬山市의 副都心에서 收集된 資料를 利用하여 對數定規分布, 陰指數分布, 移動된 陰指數分布 및 Gamma分布들이 車頭間隔分布로 推定되었다. 단지 對數定規分布만이 2車線街路에서 K-S檢定の 5% 有意水準에서 棄却되지 않았다.

兩街路의 結果로부터 檢定된 分布들 중에서 對數定規分布가 車頭間隔을 가장 잘 나타내었으며, 그 다음이 移動된 陰指數分布이었다. 左回轉運轉者의 maneuver time은 平均 2秒이었다.

主街路上的 左回轉運轉者의 間隔受諾行態를 나타내는 推計模型이 SLAMII 擬態 컴퓨터語를 使用하여 開發되었다. 이 模型은 各 左回轉運轉者에게 固有의 臨界受諾間隔이 한 定規分布에 따라 주어지며, 對向車線의 車頭間隔分布로 移動된 陰指數分布를 따르는 것으로 假定하였다. 臨界受諾間隔 定規分布의 파라메타들은 各 間隔에 對한 受諾比率의 probit 分析으로부터 推定되었으며, 左回轉 待期車輛의 maneuver time은 2秒로 하였다. 本 模型은 交叉路에서 主街路上的 左回轉車輛과 關連된 交通問題 研究을 위한 擬態模型으로 利用될 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. 金京煥, “左回轉運轉者의 間隔受諾,” 大韓交通學會誌, 第4卷 一號, 1986, pp. 72-87.
2. Raff M.S., *A Volume Warrants for Urban Stop Signs*, Eno Foundation, 1950, pp. 96-104.
3. Gerlough D.L. and M.J. Huber, *Statistics with Application to Highway Traffic Analysis*, Eno Foundation for Transportation, 1978, pp. 190-192.
4. Weiss G.H. and Maradudin A.A., “Some Problems in Traffic Delay”, *Operations Research*, Vol 10, 1962, pp. 74-104.
5. Yeo G.F. and B. Weesakul, “Delays to Road Traffic at an Intersection”, *J. Applied Probability*, Vol 1, 1964, pp. 297-310.
6. Ashworth R., “A Note on the Selection of Gap-Acceptance Criteria for Traffic Simulation Studies”, *Transportation Research*, Vol 2, 1968, pp. 171-175.

7. Gerlough D.L. and F.C. Barnes, "Poisson and Other Distributions in Highway Traffic," *Poisson and Other Distributions in Traffic*, Eno Foundation for Transportation, 1971, pp. 32-45.
8. Lee C.E., G.E. Graysor, C.R. Copeland, J.W. Miller, T.W. Rionx and V.S. Savur, *The Texas Model for Intersection Traffic - User's Guide*, Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, 1977, pp. 79.
9. Schuhl A., "The Probability Theory Applied to Distributions of Vehicles on Two Lane Highways", *Poisson and other Distributions in Traffic*, Eno Foundation for Transportation, 1971, pp. 73-97.
10. Aitchison J. and J.A.C. Brown, *The Lognormal Distribution*, Cambridge University Press, London, 1973.
11. Ashworth R. and C.G. Bottom, "Some Observations of Driver Gap-Acceptance Behavior at a Priority Intersection", *Traffic Engineering and Control*, Vol 18, 1977, pp. 569-571.
12. Pritsker A.A., *Introduction to Simulation and SLAM II*, John Wiley & Sons, 1984.
13. Michalopoulos P.G., J. O'Connor and M. Novoa, "Estimation of Left-Turn Saturation Flows", *TRR 667, TRB*, 1978, pp. 35-41.