

□ 論 文 □

忠清圈의 交通事故 豫測模型 開發에 관한 研究

A Study on Development of Forecasting Model for
Traffic Accident in Chung-Chong Region

朴 秉 皓

(충북대학교 도시공학과 교수)

— 목 차 —

- | | |
|----------------------|-------------------|
| I. 序論 | IV. 交通事故 豫測模型의 分析 |
| II. 交通事故의 分析 | 1. 모형의 적합성 분석 |
| 1. 교통사고의 추이 | 2. 예측모형의 정립 |
| 2. 충청권의 교통사고 분석 | V. 事故豫測과 安全對策 |
| III. 交通事故 豫測模型의 開發方向 | 1. 교통사고의 예측 |
| 1. 기존이론의 검토 | 2. 안전정책 목표와 대책 |
| 2. 예측모형의 개발방향 | VI. 結論 |

— ABSTRACT —

This paper deals with the forecasting model for traffic accident. Its objective is to develop the appropriate model to project the accident of Chung-Chong Region. Two types of models between motorization (M) and personal hazard (P) are tested: One is inverted-U (bell type) curve and the other is increasing (or decreasing) curve.

The statistical and sensitivity analyses show that exponential model (type III) and multiplicative model (type II) are well fit to the given cross-sectional and time-series accident data. The models project that the fatality per 100,000 persons of Chung-Chong region, when the motorization level (M) is 0.2, would be in the range between 18 and 77 persons.

The paper concludes that the accident level is the function of motorization and the result of implementing the safety policy of a region.

I. 序論

우리가 매일, 매일 겪고 있는 交通狀況은 도로가 막혀 지체시간이 길고, 대중교통을 이용하기가 혼잡하고 서비스도 열악하며, 자동차를 타거나 운전하기가 무섭고, 주차하고 싶어도 주차장이 없다는 것이다. 이런 시점에서 우리는 다음과 같은 質問을 던질 수 밖에 없다: 왜 이런 상황에 이르렀는가? 교통난을 해결할 장래 대책은 무엇인가?

交通難이란 도시 및 지역교통에 있어 하나의 病理的 現狀으로 교통문제가 매우 심각한 양상을 띄게 되는 경우를 말한다. 일반시민이 피부로 느끼는 교통난은 소통난, 주차난, 승차난, 교통사고 및 교통난의 심화에 따른 사회 경제적 손실일 것이다.

그러나 이러한 문제중에서 무엇보다 중요한 것은 인간의 생명과 관계되는 交通事故이다. 우리나라의 지난 10년간 교통사고의 발생건수는 자동차의 증가와 더불어 年평균 6.5%의 높은 증가율을 나타내고 있어, "교통사고의 왕국"이라는 불명예를 안고 있다.

충청권의 경우엔 1992년 현재 자동차 1만대당 교통사고 발생건수가 전국 15개 市 道중 충남이 1위, 충북이 2위를 나타내고 있으며, 인구 10만인당 사고발생건수는 충북이 1위, 인구 10만인당 사망자수는 충남이 1위를 기록하고 있다. 따라서 충청권은 교통사고의 深刻性에 대한 재인식과 아울러 事故減少 對策을 적극 수립 집행해야 할 것으로 판단된다.

本 論文은 충청권의 교통사고 예측모형의 개발을 다루고 있다. 研究의 目的은 교통사고의 예측을 위한 적정 모형 개발하고, 장래 충청권의 교통사고를 전망하는 데 있다. 아울러 본 논문은 교통사고의 분석을 통해 사고발생의 根本原因을 생각해 보고 교통사고 감소를 위한 대책을 논의한다. 특히 본 논문에서는 교통사고의 豫測技法을

개발하고, 모형의 적합성을 분석하며, 예측모형을 정립하는 데 중점을 두고 있다.

II. 交通事故의 分析

1. 交通事故의 推移

1903년 고종황제 전용승용차인 미국산 자동차 Adilla가 우리나라에 처음 도입된 이래, 1960년 3만대에 불과했던 車輛臺數가 1970년엔 10만대를 돌파하였으며, 그 후 지속적인 國民所得의 증가로 인해 자동차대수는 1980년 52.7만대에서 1994년 현재 700만대를 돌파하여, 年평균 20% 이상의 높은 증가율을 나타내고 있다. 이와 같은 增加趨勢에서 보면, 자동차 1,000만대 시대는 1996년경에 도래될 것으로 보인다.¹⁾

인구 천인당 自動車臺數는 1980년 14대에서 1992년 120대로 급증한 반면에, 도로건설은 1980년 총연장이 46,950Km에서 1992년말 현재 58,904Km로 年평균 1.9%의 극히 저조한 증가율을 기록하고 있다. 더구나 道路建設은 지가의 폭등, 주민의 권리의식 강화 등으로 갈수록 공급여건이 악화됨에 따라 교통수요와 도로공급의 격차는 더욱 심각해져, 전국 어느 지역이나 극심한 交通滯症을 겪고 있다.²⁾

이와 같은 교통여건의 악화에 따라 교통사고의 발생 및 그로 인한 人的 物的 被害도 이미 오래전에 社會問題化되어 있는 상황이다. 1992년도 교통사고 발생건수는 257,194건이며, 사망자수는 11,640인, 부상자수는 325,943인으로 나타나고 있다. 더구나 1980-1992년 동안의 年평균 증가율을 보면, 발생건수 6.5%, 사망자 6.3%, 부상자 9.4%를 각각 기록하고 있다.

1) 박병호, 1993, "호서지역의 교통안전 문제진단과 대책에 관한 연구", 호서문화연구 제11집, pp.120-121.

2) 박병호, 1993, 교통행정반 (II), pp.3-10.

<표 1> 交通關聯 指標의 變化趨勢

구 분	1980	1984	1988	1992	연평균 증가율(%)
인 구 (천명)	38,124	40,513	41,975	43,664	1.1
1 인 당 GNP (\$)	1,582	2,158	4,127	6,749	12.9
도로연장 거리 (Km)	46,950	51,003	55,779	58,904	1.9
자동차 대수 (천대)	528	948	2,035	5,231	21.0
운전면허소지자(천명)	1,861	3,487	6,192	11,613	16.6
교통 사고 발생 (건)	120,182	134,335	225,062	257,194	6.5
사 망 자 (명)	5,608	7,468	11,563	11,640	6.3
부 상 자 (명)	111,641	170,377	287,739	325,943	9.4

주 : 1984년도 부터는 인적피해사고만 집계됨.

자료 : 도로교통안전협회, 교통사고통계분석, 1993.

교통사고 관련지표의 추이(1960-'92)는 <그림 1>에 표현되어 있다. 좌측의 그림은 事故指標를 인구수로 나눈 값이며, 우측 그림은 사고지표를 자동차대수로 나눈 값이다.³⁾ 인구당 교통사고 지표는 증가추세를, 그리고 자동차당 교통사고 지표는 감소추세를 나타내고 있다. 즉, 교통사고의 증가는 인구증가보다는 빠르고 차량증가보다는 느린 것으로 판단된다. 이러한 추이는 우리나라 교통사고의 심각성을 잘 반영해 주고 있다.

2. 忠淸圈의 交通事故 分析

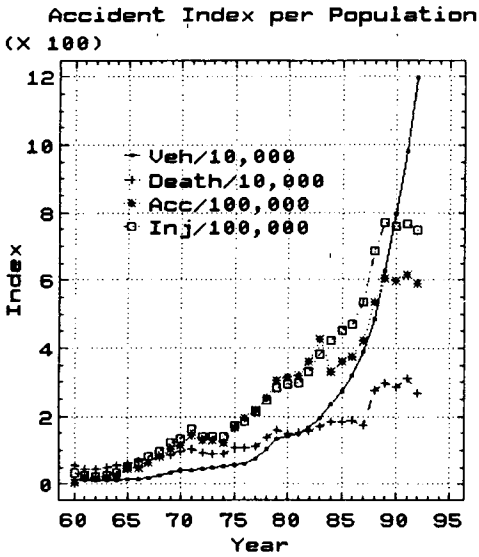
1992년말 현재 충청권의 自動車 登錄臺數는 45.8만대로 우리나라 전체의 약 8.8%를 차지하고 있다. <표 2>에 나타나듯이 행정권역으로

보면, 대전시의 자동차 보유대수는 14.8만대, 충북은 14.4만대 그리고 충남은 16.6만대를 기록하고 있다.

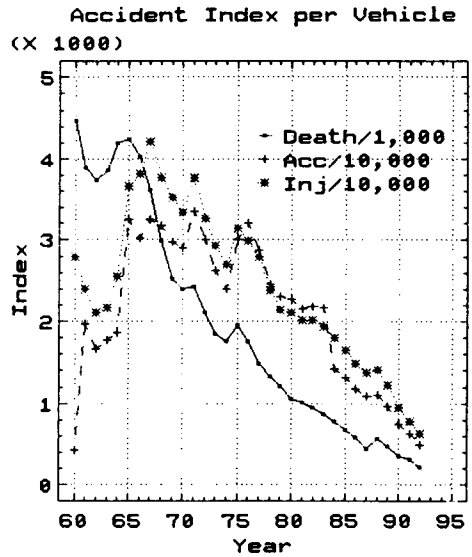
<표 2>에서 나타나듯이 충청권의 자동차 증가율은 연평균(1980-'92) 20%를 훨씬 상회하고 있으며, 특히 최근 2년동안은 연평균 28-35%를 기록하고 있다. 이처럼 높은 자동차 증가율에 비하여 도로시설의 연평균 증가율은 2-4%에 그치고 있어, 交通需要와 供給間의 극심한 不均衡을 이루고 있다.⁴⁾

3) STSC, STATGRAPHICS Version 4.0 이용 작성됨.

4) 박병호, 1993, "호서지역의 교통안전 문제진단과 대책에 관한 연구", 호서문화연구 제11집, p.116.



1) 인구당 사고지표 추이



2) 자동차당 사고지표 추이

<그림 1> 交通事故指標의 推移

<표 2> 忠淸圈의 自動車 登錄臺數 趨勢

(단위: 천대)

구 분	1980	1984	1988	1990	1992	연평균증가율(%)		
						'80-'92	'90-'92	
전 국	528	958	2,305	3,395	5,231	21.1	24.1	
충 청 권	대 전	-	-	-	90	148	23.1	28.2
	충 북	12	21	44	80	144	23.0	34.2
	충 남	26	47	102	97	166	23.1	30.8
	계	38	68	146	267	458	23.0	31.0

주 : 1980-1982년 대전과 충남의 연평균증가율은 두 지역을 합산하여 산출.

자료 : 교통개발연구원, 교통정보, 1993.2/통권 제 78호.

또한 우리나라의 천인당 차량대수가 1992년 현재 120대 수준으로 선진외국에 비해 매우 낮다.

國民所得이 1.5-2.0만불 (2001년 우리나라의 소득수준임)인 선진외국의 경우 인구 천인당

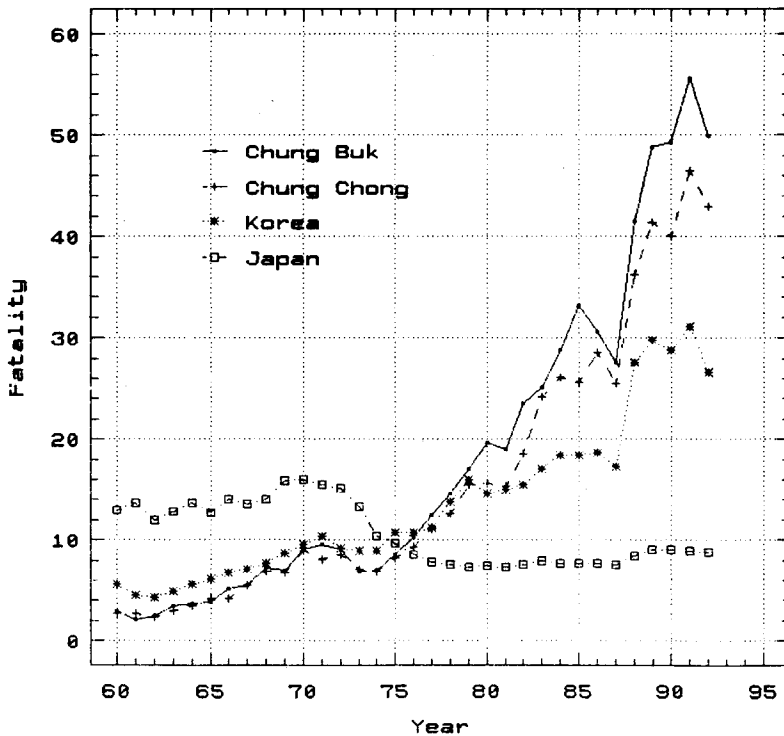
400-600대의 차량대수 수준을 감안한다면, 우리나라의 자동차의 급증추세는 당분간 지속될 전망이다.⁵⁾ 자동차가 3만여대에 불과하던 1961년 도에는 전국에서 6천여건의 교통사고가 발생하였으나, 1980년대의 經濟成長과 더불어 자동차가 급격히 증가하면서, 1992년 현재 25만7천건으로 급증하였다. 이것은 자동차의 증가는 차량운행이 증가됨에 따라 事故發生의 危險度가 그 만큼 커졌다고 볼 수 있다.

<그림 2>는 10만인당 교통사고 死亡者數의 추이를 나타내고 있다. 우선 한국과 일본을 비교

하면, 1975년을 기점으로 일본은 사망자수가 감소한 반면에 우리나라는 급격히 상승하여, 1992년 현재 한국은 26.66인으로 일본의 8.95인에 비해 약 3배 수준을 나타내고 있다.⁶⁾

또한 충청지역은 우리나라 평균 사망률의 1.6배로 매우 높은 수준이며, 그 중에서도 충남 북지역은 대전에 비해 매우 높다. 현재와 같은 교통여건에서 자동차의 급격한 증가는 교통사고의 발생을 더욱 가속시킬 것으로 예상된다. 따라서 교통사고로 인한 피해를 감소시키기 위한 정책은 절실한 실정이다.

Fatality per 100,000 Persons



<그림 2> 人口 10萬人當 交通事故 死亡者數의 推移

충청권의 교통사고를 인구 10만인당 및 자동차 1만대당 事故指標로 분석하면, 충남 북이 거의 모든 지표에서 1-2위를 기록하는 불명예를 안고

있는 반면에 대전은 상대적으로 양호한 것으로

5) 박병호, 앞의 논문, p120

6) "교통개발연구원, 교통정보, 1993.2월"에서 재작성됨.

나타나 있다. 이처럼 대전시의 교통사고 지표가 낮은 것은 아직 분명하게 분석되어 밝혀지진 않았지만, 잠정적인 結論은 지속적인 TSM (교통체계관리) 사업의 실시가 교통사고 감소의 주된 원인이라 판단된다.⁷⁾

이처럼 大都市가 道地域보다 교통사고지표가

두드러지게 낮은 것은 교통안전표지나 신호기가 상대적으로 많이 설치되어 있으며, 대도시에서는 교통혼잡 등으로 과속이나 중앙선 침범 등과 같은 인명피해사고가 道地域에 비해 상대적으로 적게 발생한 것으로 분석된다.

<표 3> 交通事故의 現況 (1992)

구 분		전 국	충 청 권		
			대 전	충 북	충 남
교통사고 발생건수 (건)		257,194	6,468	10,509	12,272
교통사고 사 망 자	사 망 자 수	11,640	200	694	965
	인구 10만인당	27	19 (11)	50 (2)	51 (1)
	자동차 1만대당	22	14 (11)	48 (3)	58 (1)
교통사고 부 상 자	부 상 자 수	325,943	7,746	13,529	19,767
	인구 10만인당	747	738 (9)	974 (2)	1,050 (1)
	자동차 1만대당	623	524 (13)	937 (2)	1,188 (1)

주 : ()는 15개 시 도중 순위를 나타냄.

자료 : 경찰청, 교통사고통계, 1993

우리나라는 자동차 선진국에 비해 20여년 늦은 80년대 후반에 접어들면서 본격적인 자동차의 증가가 이루어져, 이제 막 자동차 大衆化時代에 접어들었다고 볼 수 있다. 그러나 도로 및 교통안전 시설 등 제반 交通環境의 改善이 뒤따르지 못한 상황에서 자동차의 급속한 증가는 필연적인 교통사고의 증가로 나타나고 있는 실정이다.

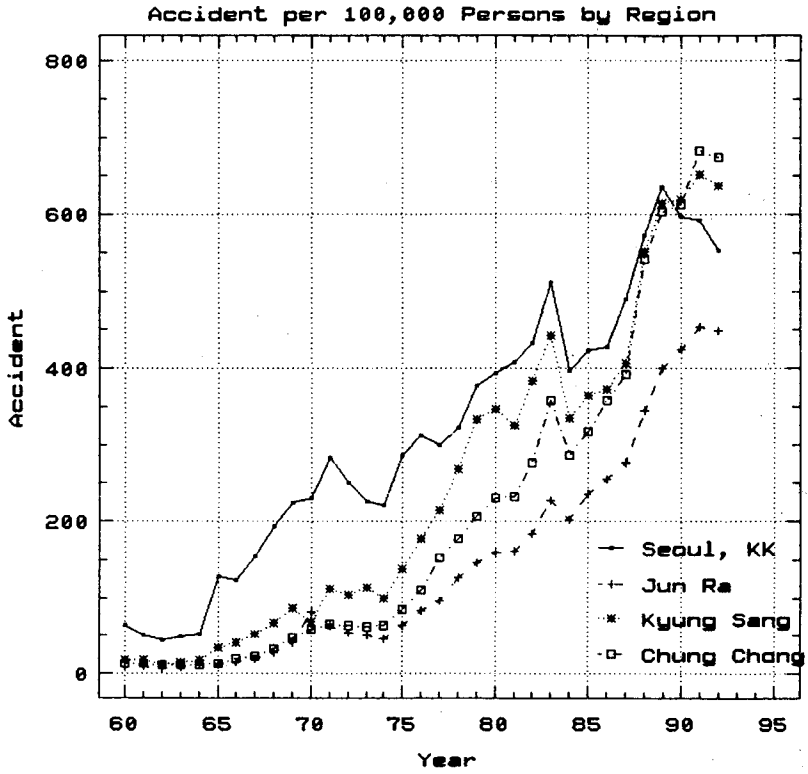
또한 국민의 安全意識 및 秩序意識 즉, 자동차 문화가 정착되지 못한데서 야기되는 보행자의 무단 횡단과 운전자의 법규준수 의식결여, 사업용 차량

의 난폭운전 등이 사고의 주요 원인이 되고 있다.

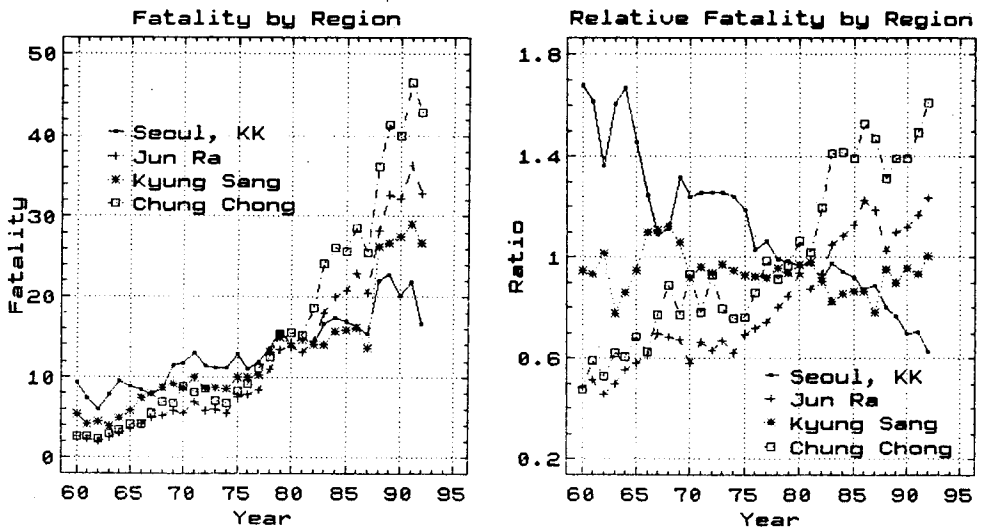
충청권이 타 市 道에 비해 交通事故의 指標가 매우 높은 것은 부족한 교통안전시설, 미흡한 사고많은 지점의 개선, 저조한 TSM사업의 실적에서 그 원인을 찾을 수 있다. 따라서 이에 대한 효과적인 對策이 시급히 강구되어야 할 것으로 판단된다.⁸⁾

7) 박병호, 앞의 논문, p118

8) 박병호, 앞의 논문, p.119.



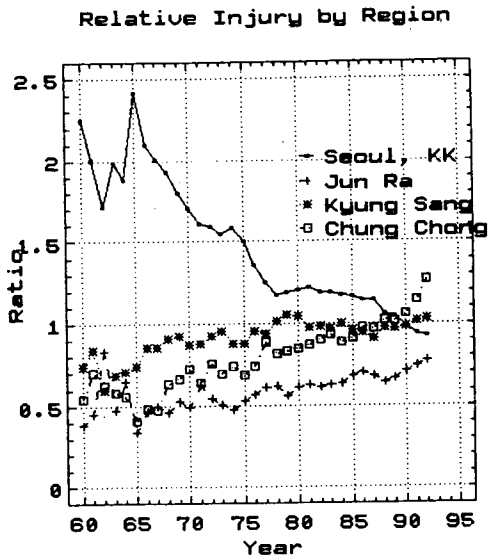
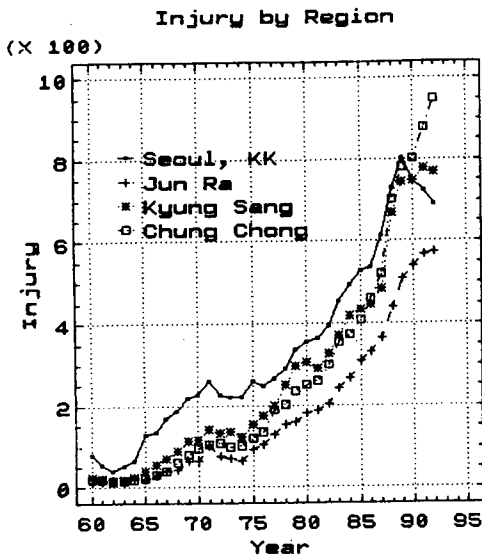
<그림 3> 地域別 10萬人當 交通事故 發生件數의 推移



1) 인구 10만인당 사망자수

2) 전국평균과의 비율

<그림 4> 地域別 人口 10萬人當 死亡者數의 推移



1) 인구 10만인당 부상자수

2) 전국평균과의 비율

<그림 5> 地域別 人口 10萬人當 負傷者數의 推移

III. 交通事故 豫測模型의 開發方向

1. 既存理論의 檢討

가장 널리 알려진 교통사고 豫測模型은 영국의 Smeed(1949)가 유럽 20개국의 38년간 사고통계를 활용하여 정립한 모형이다.⁹⁾ 스미드는 차량당 사망자수(F/V)와 인당 차량대수(V/p)를 變數로 이용하여 다음과 같은 형태의 모형을 개발하였다.

$$F/V = 0.0003(V/p)^{-2.3} \quad (1)$$

이 모형은 哈藤和夫(1979)와 Broughton(1988)에 의해 확장되었다.^{10), 11)} 哈藤和夫는 1948-1970년 자료중 3개년도(1959-'61)를 제외한 20년간의 자료를 근거로 최소자승법(least square method)을 이용하여 다음 식을 개발하였다.

$$F/V = 0.0003 (V/p)^{0.8886} \quad (2)$$

이러한 시계열 분석에서 그들은 한 국가는 나름대로 자신의 특성을 반영할 교통모형을 갖고 있다고 주장하였다. Naoum과 Al-Jawahiry(1989)는 이라크의 교통사고 발생건수(A)와 충돌사고(Ac)를 추정하기 위하여 다음과 같은 모형을 적용하였다.¹²⁾

9) Smeed, R.J., "Some Statistical Aspects of Road Safety Research", Journal of Royal Statistical Society, A (1), pp. 296-300.

10) 임헌정 이일병, 1990, "한국의 교통사고 예측모형 개발에 관한 연구", 대한국토학회지 제8권 1호, p.76.

11) Broughton, J., "Predictive Models of Road Accident Fatalities", Traffic Engineering and Control, 19(5), pp. 296-300.

12) Naoum, F., Al-Jawahiry, Z., "The Factors Affecting Growth of Accident Rates in Developing Countries: Iraq as a Case Study", Proceedings of 11th IRF World Meeting, Seoul, Korea, Vol.V, pp. 19-22.

$$A/V = 0.00183 \cdot (V/p)^{-1.05}; R^2 = 0.978 \quad (3)$$

$$A\sqrt{V} = 0.000185 \cdot (V/p)^{-1.59}; R^2 = 0.954 \quad (4)$$

그들은 또한 사망자수와 차량대수간의 단순선형관계식(simple linear relation)을 개발하였다.

$$F = -366 + 0.0052 \cdot V; R^2 = 0.959 \quad (5)$$

물론 한 지역이나 국가의 교통사고 사망자수를 설명하기 위한 변수는 매우 많다. 交通事故의 豫測에는 전술한 식에서 나타난 자동차 보유대수 뿐만 아니라, 사회적, 경제적, 문화적, 제도적 및 기술적 요인 등이 직 간접적으로 영향을 주게 될 것이다. 이러한 要因들을 바탕으로 교통사고를 예측한 주요 論文들을 검토하면 다음과 같다.

우선 외국의 경우, 이탈리아의 Trichopoulos (1975)는 유럽 17개국의 1970년 교통사고 統計資料를 이용하여 10만인당 사망자수를 종속변수(Y)로 하는 重回歸模型(multiple linear regression model)을 개발하였다.¹³⁾

$$Y = 58.770 + 30.322 X_1 + 4.278 X_2 - 0.107 X_3 - 0.776 X_4 - 2.874 X_5 + 0.147 X_6 \quad (6)$$

여기에서

Y = 인구 10만인당 사망자수

X₁ = 자동차보유율 (대/인)

X₂ = 도로밀도 (km/km²)

X₃ = 대도시 거주 인구비율 (%)

X₄ = 19세 이하의 청소년층 인구비율 (%)

X₅ = 65세 이상의 노년층 인구비율 (%)

X₆ = (자가용 + 택시) 비율 (%)

또한 金鴻詳(1987)은 1980년의 59개국 사망자수를 종속변수로, 인구수(p, 천인)와 자동차 보유대수(V, 천대)를 독립변수로 다음 식을 제시하였다.¹⁴⁾

$$F = 770.5 + 0.0446 p + 0.23898 \cdot V \quad (7)$$

$$F = 0.00048266 p^{0.6646} V^{0.29192} \quad (8)$$

국내에서는 林憲廷, 李一炳(1990)이 '62~'89

(28년간)의 교통사고자료를 이용해 교통사고 추이를 분석하여 장래 예측을 시도한 바 있다.¹⁵⁾ 그들은 교통사고 발생건수, 사망자수 및 부상자수를 각기 從屬變數로 하고, 獨立變數는 여러 변수의 有意性을 검증한 후 자동차 보유대수를 이용한 다음과 같은 유형의 식을 개발하였다.

$$F = 17.415 V^{0.438} \quad (9)$$

또한 그들은 釜山市의 교통사고 모형을 개발하기 위하여 회귀분석모형을 비롯한 시계열 ARIMA 모형과 로지스틱(logistic) 모형을 이용하였다.¹⁶⁾ 이것은 부산시의 교통여건의 변화추이가 장래에도 계속된다는 전제하에서 단순한 몇가지 모형을 적용시켜, 교통사고를 예측하였다.

지금까지 설명된 모형은 결국 한 國家나 地域은 나름대로 자신들의 특성을 반영할 교통사고 모형을 갖고 있으며, 이러한 모형은 그 지역이나 국가의 고유한 경제, 사회, 문화, 제도 및 기술적 요인들에 의해 설명될 수 있음을 나타내고 있다.

최근 Trinca 등(1989)은 한 국가의 교통사고를 다음 3가지 변수, 즉 事故安全性(traffic safety), 個人安全性(personal safety)과 自動車化(motorization)를 이용하여 다음 관계식을 개발하였다.¹⁷⁾

$$P = T \times M \quad (10)$$

13) 임헌정 이일병, "부산시 교통사고 예측모형의 개발", 대한교통학회지 제10권 3호, 1992.

14) 김홍상, 교통사고의 기술방법에 관한 연구, 서독 칼스루에 공과대학 박사학위 논문, 1987.

15) 임헌정 이일병, "한국의 교통사고예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지 제8권 1호, 1990.

16) 임헌정 이일병, "부산시 교통사고예측모형의 개발", 대한교통학회지 제10권 3호, 1992.

17) Trinca, G.W. and Johnston, I.R. et al., "Reducing Traffic injury - A Gloval Challenge," An International Traffic Safety Project of the Royal Australasian College of Surgeons, 1989.

여기에서 P는 인구 1인당 사망자수를 나타내며, T는 자동차 1대당 사망자수, 그리고 M은 인구 1인당 자동차 등록대수를 나타낸다. Trinca 등은 이 식을 이용하여 교통사고는 해당 국가의 自動車化의 段階와 밀접한 관계가 있음을 지적하고 있다.

이러한 모형을 근거로 Navin(1993)은 도로 안전성에 관한 基本模型을 제시하였다.¹⁸⁾ 그가 제시한 T와 M간의 모형은 지수함수를 이용한 점을 제외하면 Smeed(1949)의 모형과 유사한 형태를 갖고 있다. 模型式은 다음과 같다.

$$T = T_1 e^{-M/M_0} \tag{11}$$

여기에서 T₁는 T축에 만나는 지점으로서 자동차가 도입된 시기의 사망률을 나타내며, e는 지수 값 그리고 M₀는 최대의 交通事故率(P_{max})에서

의 M값(자동차화 정도)을 나타낸다. 위 모형을 방정식 (10)에 대입하면, P값을 구할 수 있다.

$$P = MT_1 e^{-M/M_0} \tag{12}$$

단 이 모형에서 P값은 개인 안전성 보다는 個人危險性을 나타내고 있음에 유의해야 하며, 방정식 (11)은 交通流理論중 Underwood(1963)에 의해 개발된 모형과 매우 유사하다는 점도 인식해야 할 것이다. 또한 우리는 이 식에서 최대 교통사고율을 구하면 다음과 같다.¹⁹⁾

$$P_{max} = M_0(T_1/e) \tag{13}$$

"이러한 方程式은 과연 얼마나 관측된 資料와 잘 맞는가"에 대한 결과는 다음 <표 4>와 <그림 6>에 나타나 있다. 물론 이 모형에서 사망자수 대신에 보행자 사망자수나 또는 부상자수, 사고발생건수 등을 이용하여 분석될 수도 있다.²⁰⁾

<표 4> 캐나다, 영국 및 미국의 交通事故 豫測

구 분	카 나 다	영 국	미 국
T	0.0017e ^{-M/0.473}	0.008 e ^{-M/0.0645}	0.0002 e ^{-M/0.427}
P	0.0017M e ^{-M/0.473}	0.008M e ^{-M/0.0645}	0.002M e ^{-M/0.427}
P _{max} 추정치	0.00030	0.00019	0.00029
관측치	0.00030	0.00019	0.00029

자료 : Navin, F., Bergan, A. and J. Qi, 1994, A Fundamental relationship for Road Safety: A Model for Global Comparisons, TRB, 1994.

일반적으로 자동차화의 初期段階에 있는 국가들은 未開發된 위험한 道路網을 갖고 있다. 자동차화가 진행되면서 사망사고 발생률(P)은 증가하게 되고, 어떤 臨界値에 도달하게 되면, 사망사고 발생률(P)은 감소하게 된다. 어떤 국가는 이미 임계치를 넘어서 P값이 감소하고 있다. 이것은 매우 낮은 M값의 증가율 그리고 매우 낮은 T값에 기인하고 있다.²¹⁾

이 모형은 變數로서 개발단계나 시간 혹은 두 가지 모두를 이용하고 있으며, 사고율을 변화시키는 경제력과 시간변수를 감안한다는 점에서 動的

인 特性을 지니고 있다. 또한 이 모형은 한 국가

18) Navin, F., "Fundamental Relationship for Road Safety", Lectures to the First Highway Design Company, Xian, China, June 1993.

19) Underwood, R.T., "Traffic Flow and Bunching", Australian Road Research Proceedings, Vol. 16, No. 6, 1963.

20) Navin, F., Bergan, A. and Qi, J., "A Fundamental Relationship for Roadway Safety: A Model for Gloval Comparisons", Transportation Research Board, 73rd Annual Meeting, Jan. 1994, p.244.

21) Navin, F., 앞의 논문, p.225.

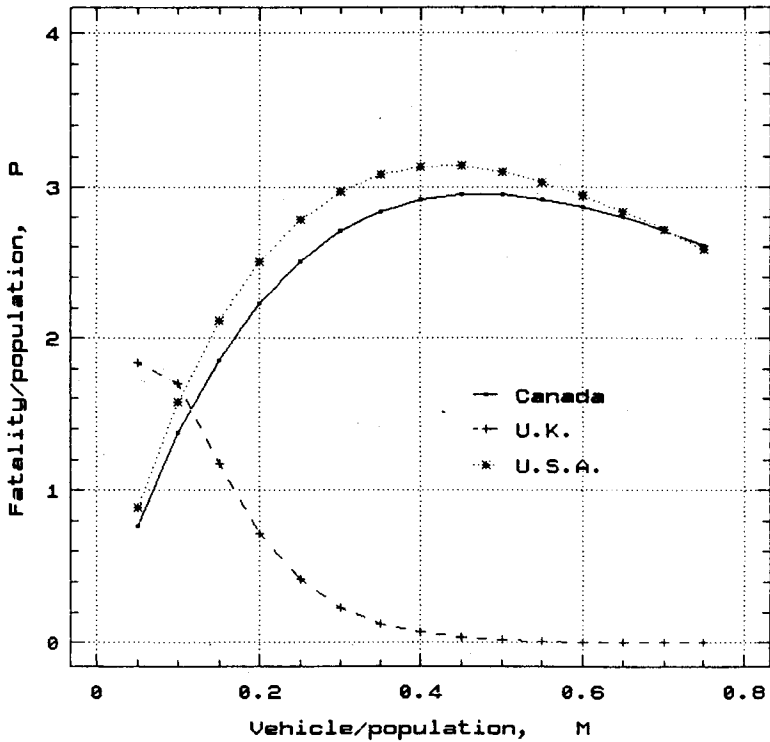
의 교통시스템에 관한 安全水準의 改善을 추정하는 데 사용될 수도 있다. 즉 어떤 국가의 시계열 자료를 분석하여, 자동차화가 진행되면서 한 국가의 위치가 어떻게 변화되는가를 파악할 수 있다.

모형의 동적 특성은 한 국가의 상대적인 안전성은 항상 변화하는 것을 의미한다. 어떤 국가는 여타 다른 국가들 보다 더 많이 변화할 수 있다.

交通事故의 推移가 더욱 악화되느냐 또는 좋아지느냐 하는 것은 자동차화의 수준과 그 국가가 수행하는 政策에 달려 있다. 물론 이것은 어떤 국가는 반드시 어떤 事故發生 段階를 거쳐야 하는 것이 아니라, 정책수행의 결과에 따라 다양한 패턴을 가질 수 있음을 의미한다.²²⁾

Fatality per Person by Nation

(X 1E-4)



<그림 6> 캐나다, 영국 및 미국의 交通事故의 變化推移

주: <표 4>의 모형을 그래프로 표현한 것임.

2. 豫測模型의 開發方向

지금까지 분석된 내용을 중심으로 본 논문에서 중점을 두고 있는 예측모형의 開發方向은 다음과 같다. 첫째, 예측모형은 "자동차화의 초기단계

(M값이 매우 낮은 시기)에서는 사망사고 발생률 (P)이 낮고, 자동차화가 진행(M값이 증가)되면서 사망사고 발생률(P)은 증가하게 되지만, 어떤

22) Navin, F., 앞의 논문, p.246.

臨界値에 도달하면 사망사고 발생률(P)은 감소하게 된다."는 가설(假說 I)을 잘 설명할 수 있는 모형을 개발한다.

둘째, "한 국가나 지역은 각기 독특한 交通事故 模型을 갖고 있다"는 가설(假說 II)을 설명할 수 있는 다양한 模型式을 개발한다. Underwood(1963) 식에 근거하여 개발된 Navin 등(1993, 1994)의 모형은 地域別로 각기 다른 계수값(parameters)으로 그의 특성을 어느 정도 설명할 수 있지만 한 국가나 지역의 독특한 특성을 설명하기엔 충분하지는 않다.

전술한 假說 I (inverted U 곡선)을 설명할 수 있는 모형은 T-M 관계에서 선형 및 비선형(지수함수)으로 나눌 수 있다. 즉 교통류 이론을 활용하면, 선형함수는 Greenshields (1947) 모형이 있고, 지수함수로는 Greenberg(1959) 모형, Underwood(1961) 모형 등이 있다.²³⁾ 그밖에 가설 II의 설명에 필요한 모형을 추가하면 Multiplicative와 Reciprocal 모형이 있다.²⁴⁾

이들 모형을 概念化하면 다음과 같다.

- Greenshields 모형

$$\begin{aligned} T &= T_f \cdot (1 - M/M_0) \\ P &= M \cdot T_f \cdot (1 - M/M_0) \\ P_{max} &= T_f \cdot M_0/4 \end{aligned} \quad (14)$$

- Greenberg 모형

$$\begin{aligned} T &= T_f \cdot \ln(M_0/M) \\ P &= M \cdot T_f \cdot \ln(M_0/M) \\ P_{max} &= T_f \cdot (M_0/e) \end{aligned} \quad (15)$$

- Underwood 모형: 전술한 방정식 (11) ~ (13)과 동일

- Multiplicative 모형

$$T = a \cdot M^b \quad (16)$$

- Reciprocal 모형

$$1/T = a + b \cdot M \quad (17)$$

IV. 交通事故 豫測模型의 분석

교통사고 예측에서 사용되는 자료는 사망자수, 부상자수, 사고발생건수, 인구 및 자동차 보유대수에 관한 자료로서, 이들은 橫斷面(cross-sectional) 資料와 時系列(time-series) 資料로 구분된다.²⁵⁾ 한국의 교통사고 자료는 경찰청에서 발간된 교통사고통계를 활용하며, 그밖에 일본의 시계열 사고자료와 국가별 횡단면 사고자료는 교통개발연구원과 경찰청에서 발간된 자료를 이용한다.

우선 시계열 자료에서 全國 事故資料는 1960-1992년 동안 총 33년간의 자료를 이용하며, 시 도별 사고자료는 1965-1992년 동안 총 28년간의 자료를 근거로 지역별 자료를 산출토록 한다. 또한 日本과의 比較를 위해 일본의 사고자료는 1926-1991년 동안 총 66년간의 자료를 사용하며, 橫斷面 資料는 27개국을 대상으로 91년과 92년의 사고자료를 활용한다.

본 연구에서 사용되는 獨立變數는 自動車化(motorization)를 나타내는 지표로서 인구 1인당 자동차대수(M)을 이용하며, 從屬變數는 자동차 1대당 교통사고건수를 이용하되, 이를 다시 사망자수(D), 사고발생건수(A) 및 부상자수(I)로 구분한다.²⁶⁾

1. 模型의 適合性 分析

제3장에서 설명된 바와 같이 본 연구에서 사용된 모형은 크게 5가지이다. 즉 직선식인 Green-

22) Navin, F, 앞의 논문, p246.

23) 박병호, 교통공학, 보성문화사, 1995" 참조.

24) "STSC, STATGRAPHICL Version 4.0" 참조. 이외에도 수많은 모형이 개발될 수 있음.

25) 횡단면 자료는 어떤 특정 시점의 국가별 자료를 말하며, 시계열 자료는 어떤 특정 국가나 지역의 연도별 자료를 말함.

26) D는 자동차 1대당 사망자수, A는 자동차 1대당 사고발생건수, 그리고 I는 자동차 1대당 부상자수를 나타냄.

shields 모형, 지수식인 Underwood 모형과 Greenberg 모형, 그밖에 Multiplicative 모형과 Reciprocal 모형이다. 이러한 모형을 이용한 회귀 분석의 결과는 지면관계상 死亡事故의 경우만을 여기에 기술하도록 한다.²⁷⁾

(1) 橫斷面 分析

27개 국가를 대상으로 91년과 92년 자료를 사용하여 자동차 1대당 사망자수 (D)와 1인당 자동차 보유대수(M)간의 單純 回歸分析을 실시하였다. 회귀분석 결과 Reciprocal 모형을 제외한 4가지 모형에서는 T값, F값 및 R² 값이 높아 회귀식이 有意한 것으로 판단된다.

그러나 모형의 妥當性(feasibility)을 분석하기 위하여 민감도를 분석한 (senitivity analysis) 결과, 모형 I 과 모형 V는 M수준이 0.65를 초과하면, P값인 1인당 사망자수가 (-)값을 갖게 되므로 이들 모형은 적합치 않는 것으로 판단된다. 반면에 모형 II와 모형 IV는 M값이 1에 접근함에 따라 P값은 0.00013에 근접하게 되며, 이중 모형 IV의 경우엔 상수인 a의 T값과 모형의 F값이 낮아 통계적 유의성이 낮은 것으로 분석된다. 따라서 모형 III은 제3장에서 기술된 假說 I에 적합하며, 모형 II는 假說 II에 필요한 모형으로 판단된다.

<표 5> 世界 各國의 交通事故 回歸分析 結果

모 형		T 값		F 값	R ²
		a	b		
I	$D = 0.00216 - 0.00360 \cdot M$	9.769	-6.702	44.913	64.24
II	$D = 0.00013 \cdot M^{-0.10695}$	-62.573	-11.719	137.344	84.60
III	$D = \exp(-6.05894 - 4.16939 M)$	-34.071	-9.655	93.214	78.85
IV	$1/D = 23.0467 + 7700.25 M$	0.053	7.359	5.41	68.41
V	$D = -0.00041 - 0.00099 \cdot (\ln M)$	-2.519	-9.493	90.126	78.28

주 : 모형 I은 Greenshields, 모형 II는 Multiplicative, 모형 III은 Exponential, 모형 IV는 Reciprocal, 그리고 모형 V는 Greenberg 모형임.

(2) 時系列 分析

한국, 일본, 충청권 및 충청도의 자동차 1대당 사망자(D)와 1인당 자동차 보유대수(M)간의 회귀분석 결과, 직선식을 제외하면 전반적으로 통계적 유의성이 높다. 그러나 敏感度를 분석한 결과 모형 I 과 모형 V는 M이 1에 接近하면 P값이 (-)값을 갖게 되므로 적합치 않는 것으로 판단된다. 또한 모형 II와 모형 IV는 M값이 1에 접근함에 따라 P값은 특정 값(예, 일본 0.00013)

에 근접하게 되며, 이중 모형 IV는 일본의 경우 상수인 a값이 낮아 통계적 유의성이 떨어진다. 따라서 모형 II와 모형 III이 제3장에서 기술된 假說 I 과 II에 적합한 것으로 판단된다. 5가지 모형에 근거한 回歸分析 結果는 다음 표와 같다.

27) 그밖에 사고지수로서 부상자수와 및 사고발생건수, 4개 지역 그리고 15개 시 도로 구분하여 모형이 구성되지만, 여기서는 사망사고의 경우만 기술함.

<표 6> 韓國 交通事故의 回歸分析 結果

모 형		T 값		F 값	R ²
		a	b		
I	$D = 0.02579 - 0.30855 \cdot M$	11.579	-4.943	24.437	44.08
II	$D = 0.00079 \cdot M^{-0.60248}$	-110.767	-46.789	2189.228	98.60
III	$D = \exp(-3.73215 - 25.0486 \cdot M)$	-39.607	-9.486	89.975	74.37
IV	$1/D = 34.5162 + 3275.83 \cdot M$	8.137	27.558	759.40	96.08
V	$D = -0.02487 - 0.00922 \cdot (\ln M)$	-9.058	-6.811	759.406	96.08

<표 7> 日本 交通事故의 回歸分析 結果

모 형		T 값		F 값	R ²
		a	b		
I	$D = 0.01451 - 0.04194 \cdot M$	10.837	-6.489	42.102	39.68
II	$D = 0.00013 \cdot M^{-0.83298}$	-129.475	-51.611	2663.680	97.65
III	$D = \exp(-4.52033 - 10.6470 \cdot M)$	-39.947	-19.488	379.761	85.58
IV	$1/D = -90.141 + 12017.2 \cdot M$	-1.484	40.966	1678.00	96.33
V	$D = -0.00673 - 0.00433 \cdot (\ln M)$	-5.468	-14.975	224.24	77.80

<표 8> 忠淸圈 交通事故의 回歸分析 結果

모 형		T 값		F 값	R ²
		a	b		
I	$D = 0.03424 - 0.43335 \cdot M$	10.450	-4.109	16.888	39.38
II	$D = 0.00173 \cdot M^{-0.49866}$	-66.501	-27.139	736.518	96.59
III	$D = \exp(-3.44056 - 24.204 \cdot M)$	-38.265	-8.364	69.952	72.90
IV	$1/D = 27.544 + 2015.82 \cdot M$	12.323	28.019	785.08	96.79
V	$D = -0.03040 - 0.0114 \cdot (\ln M)$	-6.220	-12.141	147.40	85.01

<표 9> 忠北 交通事故의 回歸分析 結果

모 형		T 값		F 값	R ²
		a	b		
I	$D = 0.03923 - 0.49191 \cdot M$	11.349	-4.353	18.948	42.16
II	$D = 0.00225 \cdot M^{-0.47311}$	-56.576	-23.133	535.135	95.37
III	$D = \exp(-3.29149 - 23.9154 \cdot M)$	-39.043	-8.677	75.297	74.33
IV	$1/D = 23.7337 + 1698.64 \cdot M$	12.021	26.316	692.54	96.38
V	$D = -0.03114 - 0.01224 \cdot (\ln M)$	-6.000	-12.423	154.337	76.80

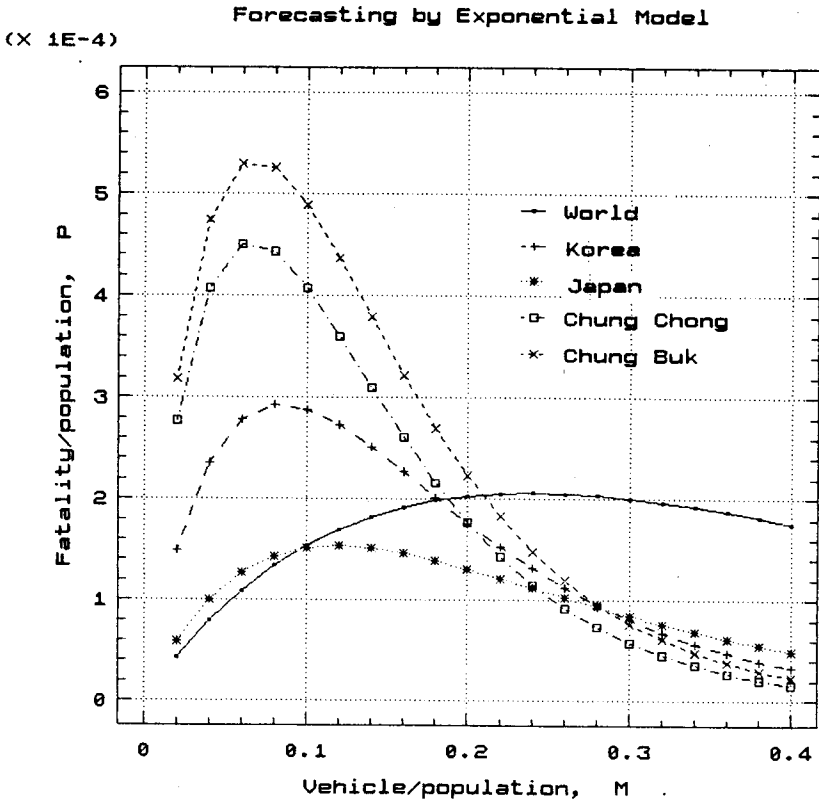
2. 豫測模型의 定立

전술한 바와 같이 交通事故 豫測에 적합한 模型은 Underwood가 개발한 모형 III(exponential Function: 지수식)과 통계적 유의성이 매우 높은 모형 II(multiplicative function)라 판단된다. 즉 가설 I에 적합한 모형의 형태로는 모형 I, III 및 V가 있지만, 모형 III만이 통계분석 및 민감도 분석에서 교통사고의 추이를 가장 잘 설명하고 있다. 또한 가설 II를 설명하기 위하여 추가로 개발된 모형 II와 IV중 모형 II가 통계적으로 적합한 것으로 평가된다.

따라서 본 연구에서는 <표 6>, <표 8> 및

<표 9>에 기술된 예측모형중 모형 II와 III의 이용하여 계수값(parameters)을 추정 한다. 그러나 모형 III을 이용하여 가설 I을 설명하기 위해서는 한국의 경우 1983년부터 1992년까지 10개 연도의 자료, 일본의 경우 가설 I에 비교적 잘 맞는 연도인 1962-1980년 자료를 활용하는 것이 보다 바람직한 것으로 판단된다.

모형 II와 III을 이용하여 작성된 분석모형은 <표 10>에 나타나 있다. 표에서는 해당 지역별로 事故推移를 가장 잘 설명하는 Multiplicative 모형과 Exponential 모형이 각각 기술되어 있으며, <그림 7>은 표에 나타난 지수함수를 이용하여 事故推移를 그래프로 표현하고 있다.²⁸⁾



<그림 7> 分析模型의 形態 (단기적 추이에 근거한 지수함수 모형)

28) <그림 7>에서 그래프의 모양과 최대값에서의 차이, 최대값이 발생한 시점의 M값의 차이에 유의하시오.

<표 10> 分析模型의 定立

구 분	Multiplicative Model	Exponential Model
한 국	$D = 0.00079 \cdot M^{-0.60248}$	$D = \exp(-4.662 - 11.863 \cdot M)$
일 본	$D = 0.00013 \cdot M^{-0.83298}$	$D = \exp(-5.656 - 8.387 \cdot M)$
충 청 권	$D = 0.00173 \cdot M^{-0.49866}$	$D = \exp(-3.975 - 15.278 \cdot M)$
충 북	$D = 0.00225 \cdot M^{-0.47311}$	$D = \exp(-3.843 - 14.775 \cdot M)$

주 : Exponential 모형은 단기적 추이, Multiplicative 모형은 장기적 추이에 근거한 모형임.

V. 事故豫測과 安全對策

1. 交通事故의 豫測

충청권의 교통사고지표 추정은 자동차보유대수, 인구, 교통사고 관련 政策變數(안전시설의 투자, 시민의 계몽 홍보) 등에 따라 다르게 나타날 것이다. 특히 사고가 발생할 수 있는 人間, 道路施設 및 交通環境 요인의 계를 통해 交通事故는 크게 감소될 수 있기 때문에 장래 교통사고 추정치는 전술한 政策變數에 큰 영향을 받게 된다.²⁹⁾

제4장에서 정립된 모형은 "현 상태의 지속"이라는 基本前提에 근거하고 있다. 즉 교통안전시설에 혁신적 투자와 같은 급격한 어떤 정책변화를 주지 않는 한 계속되리라 판단되는 모형이라 할 수 있다. 또한 이들 모형은 매우 높은 統計的 有意性에도 불구하고 장기적 예측에는 한계가 있다.

특히 우리나라와 같이 급격히 자동차화가 진행되고 있는 국가에 이들 모형을 적용하는 데는 문제가 발생하게 된다. 여기에서는 우선 현재와 같은 政策을 유지할 경우 교통사고 지표를 자동차 보유대수를 기준으로 추정하되, 타당성있는 모형으로 판단된 Exponential 모형(단기적 추이 근거)과 Multiplicative 모형(장기적 추이 근거)을 이용하여 충청권의 교통사고를 추정한다.³⁰⁾

<표 11>에서 나타나듯이 충청권의 교통사고 사망자수는 자동차화의 수준 M이 0.2일 경우 10만인당 사망자수는 18-77인이며, M이 0.25일 경우 10-86인으로 나타나고 있다. 이처럼 교통사고 지수가 크게 다른 것은 전술한 바와 같이 예측방법이 갖는 특성에 기인한 것이다. 즉, Exponential모형은 Pmax(임계치) 이후 급격히 감소하며, Multiplicative 모형은 M이 증가함에 따라 P값도 증가하는 특성을 지니고 있다.

<표 11> 交通事故의 豫測

단위: 인구 10만인당 사망자 지표

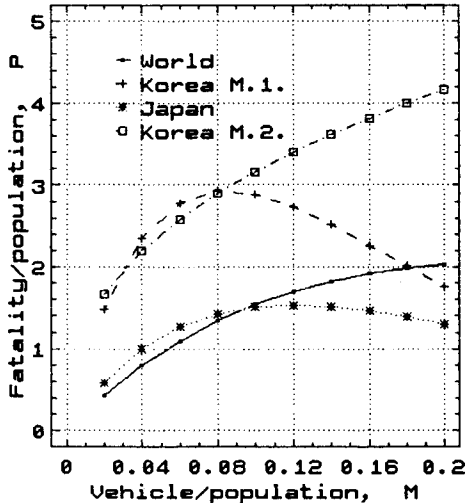
구 분	M = 0.15	M = 0.20	M = 0.25	
한 국	Exponential Model	24	18	12
	Multiplicative Model	37	42	46
충청권	Exponential Model	28	18	10
	Multiplicative Model	67	77	86

주 : <표 10>의 모형을 이용하여 추정한 인구 1인당 사망자수임.

29) 박병호, 1993, "호서지역의 교통안전 문제진단과 대책에 관한 연구", 호서문화연구 제11집, pp.127-128.

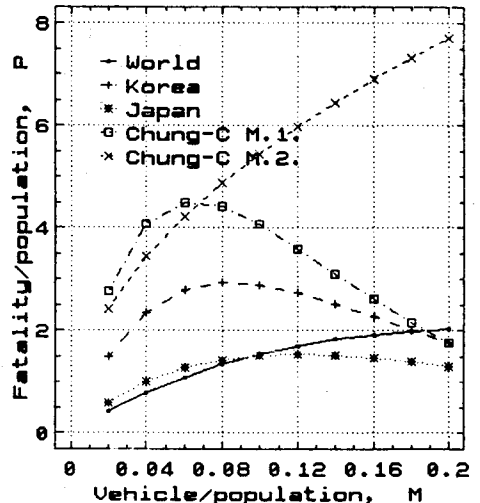
30) 충청권의 교통사고 예측에는 가설 I에 적합한 모형으로 Exponential모형, 가설 II에 적합한 모형으로 Multiplicative 모형이 선정됨.

Accident Projection of Korea
(X 1E-4)



1) 한국의 경우

Accident Pro. of Chung-Chong
(X 1E-4)



2) 충청권의 경우

<그림 8> 交通事故의 豫測

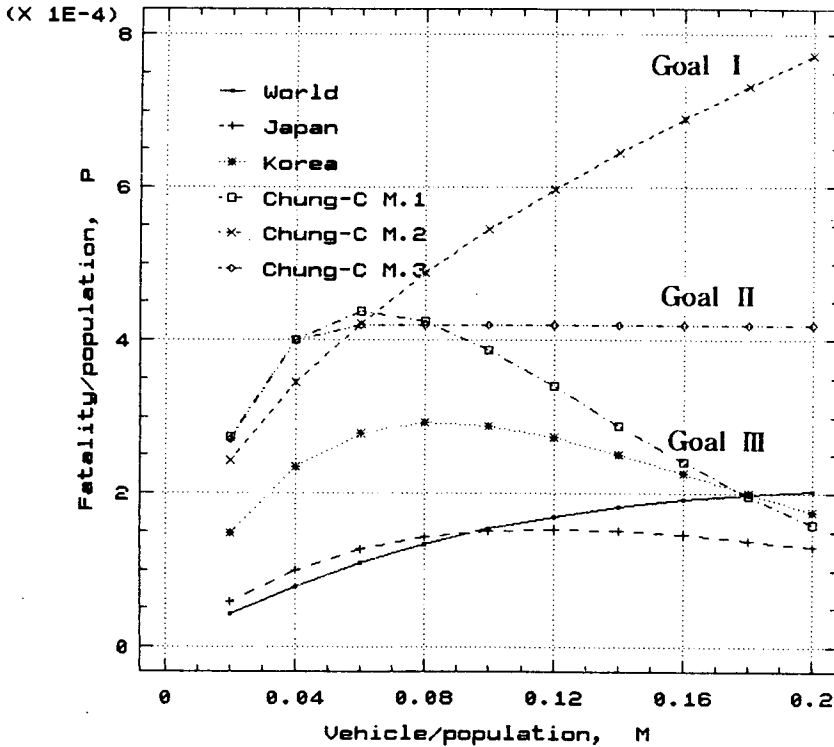
2. 安全政策 目標와 對策

전술한 交通事故 豫測指標는 장래 수행될 交通安全政策에 따라 크게 다르게 될 것이다. 따라서 交通事故를 감소하기 위해서는 2001년의 交通安全 目標와 목표달성을 위한 政策(policies)의 설정이 보다 중요하게 된다. <그림 9>는 충청권에 있어 人口 10만인당 死亡者數로 표현되는 政策目標 설정의 예를 보여주고 있다. 이것은 모형 III을 이용한 일본, 한국 그리고 충북의 交通事故 예측치와 모형 II를 이용한 충북의 交通事故 예측치를 그림으로 표현하고 있다. X축은 1인당 자동차 보유대수, 그리고 Y축은 1인당 사망자수를 나타내고 있다.

그림에서 最上端에 위치한 곡선은 Multiplicative 함수를 이용한 충청권의 예측치로서 현 상황의 지속을 나타내며, 가운데 위치한 곡선은 自動車臺數의 급증에도 불구하고 충청권은 현 상태의 사망자 수준을 유지한다는 것을 나타낸 반면에,

下端에 위치한 곡선은 Exponential 모형을 이용한 추정치로서 현 상태보다 현저하게 개선된 상황으로서 현재의 미국, 일본 등 교통 선진국의 수준을 나타내고 있다.

정책목표를 용이하게 설명하기 위하여 위의 3가지 경우를 각각 정책목표 I, II 및 III로 설정한다. 즉 자동차화의 수준이 인구 10만인당 2대일 경우, Goal I의 10만인당 사망자수는 77인, Goal II는 42인, 그리고 Goal III은 18인으로 한다. 이러한 目標를 달성하기 위해서는 무엇보다도 전반적인 交通環境이 개선되어야 할 것이다. 물론 目標 I의 경우 현재보다 특별한 정책과제가 더 요구되지 않지만, 目標 II와 III을 달성하려 한다면 각기 그에 상응한 정책적 노력이 뒷받침되어야 할 것이다. 예를 들면, 충북도의 경우엔 他市道보다 交通安全에 더 많은 투자와 노력이 요구되며, 우리나라 전체적으로는 종합적인 交通安全對策을 수립 집행하는 범국민적인 노력이 있어야 할 것이다.



<그림 9> 忠淸圈의 交通安全 政策目標 設定의 例

교통안전 종합대책에는 무엇보다 우선 交通安全施設의 확충이 요구된다. 이를 위해서는 關聯行政組織를 정비하고, 交通安全시설 확충을 위한 豫算을 확보하는 것이 시급하다고 할 수 있다. 또한 교통사고 발생시 승차객의 피해를 최소화하기 위하여 自動車의 安全도를 향상시켜야 하며, 인적요인에 의한 사고를 감소시키기 위해서는 運轉者에 대한 弘報·啓蒙도 강화해야 할 것이다. 차량대수에 비해 상대적으로 교통사고를 많이 유발하고 있는 運輸業體의 교통사고를 감소하기 위해서는 사고많은 業體에 대한 規制도 더욱 강화해야 한다.³¹⁾ 이것은 人間, 道路施設 및 交通環境이 톱니바퀴처럼 서로 맞물려 있어 어느 한쪽의 개선만으로 교통안전을 확보할 수 없기 때문이다.

그러나 交通文化를 보다 빨리 정착시키기 위해서는 교육 제등 홍보 등의 방법도 중요하지만, 교

통안전시설의 확충이 무엇보다 시급하다는 인식이다. 특히, 사고 많은 지점의 개선과 TSM 事業의 확대 실시가 요구되고 있다. 이것은 "현 시점에서 교통사고를 감소시키는 가장 확실한 방안은 適正 場所와 時期에 交通安全施設을 대폭 확충" 하는데 있기 때문이다.

VI. 結論

본 논문은 지금까지 忠淸圈의 交通事故 豫測模型을 다루어 왔다. 이를 위하여 우선 교통사고의 현황분석을 통해 忠淸圈의 안전문제를 진단하고, 다양한 교통사고의 예측모형을 분석 개발하고 모

31) 교통안전 종합대책에 관한 구체적인 내용은 "박병호, 앞의 논문 pp 128-130" 참조

형의 적합성을 검토하였다. 특히 본 연구에서는 自動車化의水準 (M)과 개인의事故危險性 (P)간의 두가지 모형, 즉 M값이 증가함에 따른 P값의 Inverted-U (鐘 모양) 곡선과 증가 (혹은 감소)곡선을 검증하였다. 그 결과 종모양의 곡선에서는 지수함수식인 모형 III, 그리고 증가 곡선에서는 Multiplicative 함수인 모형 II가 統計分析과 敏感度分析에서 가장 적합한 모형으로 판단되었다.

이러한 모형을 이용하여 충청권의 교통사고를 예측하면, 自動車化의水準 M이 0.2일 경우 10만인당 사망자수는 18-77인으로 분석된다. 이처럼 예측치의 범위가 큰 것은 豫測技法의 限界性이라기 보다는 모형 자체의 특성에 기인하고 있으며, 나아가 장래 수행될 교통정책의 중요성을 설명하고 있다. 즉 "교통사고의 수준은 해당 지역의 自動車化의水準과 그 지역에서 수행하는 交通安全政策의結果"라고 잠정 결론을 내릴 수 있다.

본 논문은 선진국의 사고패턴을 우리나라에 적용하여 豫測模型을 開發하고 추정하는 데 重點을 두었으나, 여기에 제시된 다양한 모형과 그 결과는 交通安全정책을 수립하는 根據로 활용될 수 있으리라 기대된다. 또한 사고모형이 갖는 한계성을 극복하기 위하여는 예측모형에 交通安全政策變數(policy variables)를 포함시키는 노력과 아울러 세분화된 설명변수를 이용한 개별모형 (disaggregate model)의 개발도 매우 중요하리라 판단된다.

參考文獻

1. 김홍상, 교통사고의 기술방법에 관한 연구, 서독 칼스루에 공과대학 박사학위 논문, 1987.
2. 박병호, 교통행정반 (II), 충북도공무원연수원, 1993.
3. 박병호, 교통공학, 보성문화사, 1995(출간예정).
4. 박병호, 1993, "호서지역의 교통안전 문제진단과 대책에 관한 연구", 호서문화연구 제11집.
5. 임헌정 이일병, "한국의 교통사고예측모형 개발에 관한 연구", 대한교통학회지 제8권 1호, 1990.
6. 임헌정 이일병, "부산시 교통사고예측모형의 개발", 대한교통학회지 제10권 3호, 1992.
7. 건설부, 도로의 현황과 개발방향, 1992.
8. 경찰청 도로교통안전협회, 교통사고통계, 1993.
9. 경찰청, 도로교통안전백서, 1990.
10. 교통개발연구원, 교통정보, 1993.2.
11. 도로교통안전협회, 교통사고통계분석, 1992.
12. 총무청, 교통안전백서(일본), 1992.
13. FHWA, Safety Design and Operational Practices for Streets and Highways, 1980.
14. Nicholas J. Garber and Leaster A. Hoel, Traffic and Highway Engineering, West Publishing Company, 1988.
15. Trinca, G.W. and Johnston, I.R. et al., "Reducing Traffic injury - A Gloval Challenge," An International Traffic Safety Project of the Royal Australasian College of Surgeons, 1990.
16. Navin, F., "Fundamental Relationship for Road Safety", Lectures to the First Highway Design Company, Xian, Cjina, June 1993.
17. Navin, F., Bergan, A. and Qi, J., "A Fundamental Relationship for Roadway Safety: A Model for Gloval Comparisons", Transportation Research Board, 73rd Annual Meeting, Jan. 1994.

18. Smeed, R.J., "Some Statistical Aspects of Road Safety Research", *Journal of Royal Statistical Society, A(1)*, pp. 296-300.
19. Broughton, J., "Predictive Models of Road Accident Fatalities", *Traffic Engineering and Control*, 19(5), pp. 296-300.
20. Naoum, F., Al-Jawahiry, Z., "The Factors Affecting Growth of Accident Rates in Developing Countries: Iraq as a Case Study", *Proceedings of 11th IRF World Meeting, Seoul, Korea, Vol.V*, pp. 19-22.