

# 청주시 비신호 교차로 교통사고 분석

Analysis of Traffic Accidents at Unsignalized Intersections in Cheong-ju

**박 병 호**

(충북대학교  
도시공학과 교수)

**김 희 식**

(충북대학교 산업대학원)

**임 민 희**

(충북대학교  
도시공학과 석사과정)

**박 상 혁**

(충북대학교  
도시공학과 석사과정)

## 목 차

### I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 내용 및 수행과정

### II. 선행연구 동향

1. 국내 연구 동향
2. 국외 연구 동향
3. 기존 연구와의 차별성

### III. 분석 방법 설정

1. 자료 수집 및 분석
2. 변수의 선정
3. 분석과정의 설정

### IV. 비신호 교차로 사고특성 분석

1. 사고특성 분석
2. 사고예측모형 개발 및 분석

### V. 결론 및 향후 연구과제

참고문헌

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

교통사고라 함은 운행 중이던 자동차나 기차 따위가 사람을 치거나 다른 교통 기관과 충돌하는 따위 교통상의 모든 사고를 말하는데 보통은 도로위의 자동차 사고를 말할 정도로 자동차 사고가 많다.

우리나라의 경우에는 교통안전에 대한 인식은 부족한 반면에 나날이 증가하는 자동차의 보급으로 인하여 교통사고의 발생건수 또한 급증하고 있어 사회의 심각한 문제가 되고 있다.

2004년 한해 우리나라에서 발생한 총 교통사고는 220,775건이며, 교차로 교통사고는 25.9%인 57,268건이 발생했다. 같은 해에 청주시에서

는 총 3,115건이 발생하였으며, 그 중 교차로의 사고가 51.2%인 1,596건이며, 나머지 1,519건(48.8%)은 단일로와 기타 도로에서 발생했다.<sup>1)</sup>

청주시 교통사고의 많은 부분을 차지하고 있는 교차로 사고 중 비신호 교차로의 사고는 전체 교차로 사고의 12.2%인 118건이다. 이는 신호교차로 사고에 비해 다소 적은 사고건수이지만 전체 교차로에서 비신호 교차로가 차지하는 비율로 보면 결코 무시할 수 없는 수치이다. 이것으로 보아 신호교차로의 안전대책 뿐만 아니라 비신호 교차로의 안전대책 또한 필요함을 알 수 있다.

교통사고의 원인은 크게 두 가지(인적요인과 기하구조 및 시설 요인)로 나눌 수 있는데 본

1) 박정순 외 2명(2007), 도로환경요인과 교통사고의 상관분석 및 사고추정모형개발.

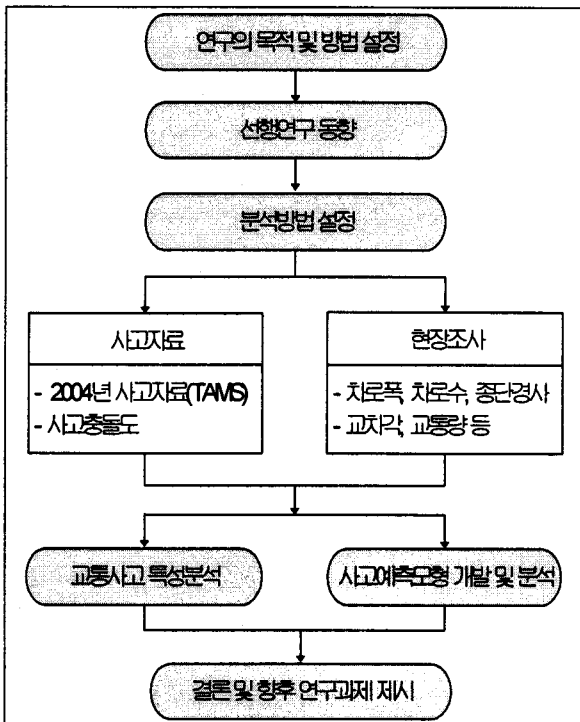
연구에서는 기하구조 및 시설 요인이 청주시 비신호 교차로 교통사고에 미치는 영향과 사고 특성을 분석하여 사고예측모형을 개발하고자 한다. 이를 통해 청주시 비신호 교차로의 안전성을 향상시키고, 더 나아가 우리나라 전체 비신호 교차로의 안전성 향상에 기여하고자 한다.

## 2. 연구의 내용 및 수행과정

본 연구는 청주시 3지, 4지 비신호 교차로를 대상으로 하였으며 각각의 교차로는 주도로가 양방향 4차로 이상, 부도로가 양방향 2차로 이상인 도로를 연구의 공간적 범위로 설정하였다.

이번 연구에서 활용된 자료는 충북지방경찰청(TAMS)에서 수집한 2004 청주시 교통사고 자료를 근거로 하였으며, 도로의 기하구조 및 교통량은 현장조사를 통한 실측자료를 가지고 교차로의 현황을 파악하였다.

교통사고 자료와 수집된 기하구조 및 교통량 자료는 본 연구의 분석에 용이하도록 EXECL 프로그램을 이용하여 재정리하였으며, 모형 개발과 상관분석을 위한 통계처리는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하였다.



<그림 1> 연구수행도

## II. 선행연구 동향

국내에서 신호교차로에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있는 반면에 비신호 교차로 특히, 사고특성분석 및 사고예측모형 개발에 관한 연구는 현재까지 미비한 실정이며, 외국의 경우도 국내와 마찬가지로 신호교차로에 대한 연구에 비해 비신호 교차로에 대한 연구는 부족한 상황이다.

따라서 이 장에서는 비신호 교차로에 관련된 연구와 함께 신호교차로에 관한 선행연구까지 고찰하기로 한다.

### 1. 국내 연구동향

국내의 비신호 교차로에 관한 연구는 사고 특성보다는 운영특성에 중점을 두어 연구되어졌다.

고동석(2003)은 우리나라 비신호 교차로 가운데 미국의 HCM과 TWSC 교차로에 대한 분석방법이 적용가능하다고 판단되는 비신호 교차로를 대상으로 임계간격과 추종시간의 기준을 분석하였다.

문영준(2001)은 현행 비신호 교차로의 운영실태, 교통사고, 운전자 형태 및 문제점을 조사·분석하고, 다음으로 비신호 교차로 전방향정지제어(AWSC) 도입을 위한 교통량, 운영체계, 지체도 및 안전도 측면에서의 교통 모형 및 효과 척도(MOE)를 분석하여 전방향 정지제어 지능화 시스템 도입방안을 제시하였다.

이슬기(2003)는 최근 유용성이 입증된 AASHTO의 시거 모형(2001)과 임계간격을 활용하여 우리나라 도시지역의 비신호 교차로에 적합한 교차로 시거를 산정하고 AASHTO와의 비교를 통해 우리나라 비신호 교차로의 시거산정 기준을 판단하였다.

임유택(1992)은 도로의 상류부 특성을 고려하여 도로의 기하구조가 도로 교통사고에 미치는 영향을 사고 자료를 활용하여 모형을 개발하였고, 이를 가지고 도로의 설계시 안전성을 제고하는 기법의 개발에 기여하였다. 곡률(Degree of Curves), 평균곡선반경(Average Radius), 큰/작은 곡선반경의 비(R/r)의 각 세 가지 선형특성과 교통량을 독립변수로 하여 다중회귀분석

을 통해 세 가지 선형특성별 사망사고 예측모형을 개발하였다.

박용진(1994)은 신개발 주거지역 내의 비신호 교차로의 운영특성을 분석하고, 회귀분석을 통해 교차로 통과속도에 영향을 미치는 상충방향의 영향을 분석하여, 보다 실질적인 비신호 교차로 운영방안을 제시하였다.

김홍상(1998)은 교차로의 유형별로 몇 개의 그룹으로 분류 및 그룹화하여 교통사고의 특성 분석을 하였다. 통계 Package SAS 를 사용했으며, T-test, 상관 분석, 회귀분석, 군집분석과 MEV (Million entering vehicle)당 사고율을 이용하여 4차선 이상 국도상 교차로들에서 기존에 발생한 사고를 다각적으로 분석하였다.

## 2. 국외 연구동향

Hoong Chor Chin(2003)은 교차로에 영향을 미치는 요소를 확인하기 위한 RENB(random effect negative binomial)모형을 사용하였고, 싱가포르 신호교차로의 교통과 제어 특성들과 사고발생과 기하구조 사이의 관계를 파악하였다. 또한 RENB모형의 검증에는 ratio of log-likelihood index ( $\rho^2$ ), ratio of log-likelihood ( $R^2$ )를 이용하였다.

Xuedong Yan, Essam Radwan Mohamed Abdel-Aty(2005)는 후미추돌사고와 운전자 특성, 도로환경 및 차량 유형으로 구분된 일련의 잠재적인 사고 요인과의 관계를 조사하여 설명하였고, 분석방법에는 Quasi-induced exposure technique와 multiple logistic regression model 을 사용하였다. 모형의 검증에는 p-value(0.01)와 Wald  $\chi^2$ 을 이용하였다.

Andrzej Tarko · Marian Tracz(1995)의 연구는 신호 횡단보도에서의 보행자 안전에 관한 연구로써, 보행자 사고에 대한 예측모형의 개발과 사고예측에 있어서 분석의 접근방법에 대해 제시하고 있다. 정규화된 회귀모형식의 형태를 따르는 포아송 분포 모형식을 사용하였으며, 모형의 검증은 MDR(The Mean Deviance Ratio)를 이용하였다.

NCHRP REPORT 500에서는 비신호 교차로의 문제점을 살펴보고, 기하구조 설계의 개선을

통한 교차로 교통사고의 심각도와 빈도를 감소시키기 위한 방안과 비신호 교차로의 관리 개선방안 및 비신호 교차로의 시거 개선방안 등의 다양한 전략을 제시하였다.

## 3. 기존연구와의 차별성

선행된 연구들의 대부분은 신호 교차로의 경우 사고특성과 사고예측모형 개발에 관한 연구들이 대부분이지만, 비신호 교차로에 관한 연구는 사고특성과 사고예측모형 개발보다는 운영적 특성에 관한 연구들이 주를 이루었다.

앞서 언급했듯이, 비신호 교차로의 사고특성과 사고예측모형 개발에 관한 연구는 현재까지 미흡한 수준이며, 이에 따라 비신호 교차로의 사고예측모형과 관련된 활발한 연구의 진행이 필요한 실정이다.

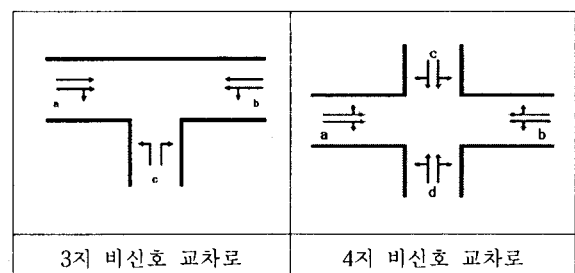
이에 본 연구는 비신호 교차로의 운영적 특성보다는 청주시 비신호 교차로의 사고 자료와 기하구조 자료를 바탕으로 사고에 영향을 미치는 많은 도로환경요인들을 찾고, 사고특성을 분석하여 사고예측모형을 개발하고자 한다.

## III. 분석 방법 설정

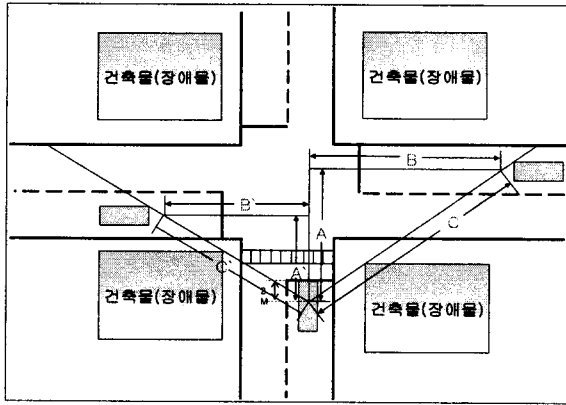
### 1. 자료수집 및 분석

사고 자료는 충북지방경찰청(TAMS)의 2004 교통사고 자료를 이용하였고, 기하구조 및 도로환경 요인은 현장조사를 통하여 실측하였다. 또한 조사 대상지의 접근로별로 현장을 사진촬영하여 전체적인 교차로의 상황을 파악하였다.

수집된 자료들은 분석에 용이하도록 재정리하였으며, 접근로의 설정은 다음의 <그림 2>와 같고, 시거의 측정은 <그림 3>과 같이 측정하였다. 대상지역은 <표 1>과 같이 설정하였다.



<그림 2> 접근로의 설정



<그림 3> 시거의 측정 방법

<표 1> 대상지역의 설정

3지 비신호 교차로	
개소	<ul style="list-style-type: none"> <li>3지 비신호 교차로 : 총 78개소.</li> <li>대상지역 : 30개소 (사고지역 : 6개소, 무사고 지역 : 24개소) (Random)</li> </ul>
범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>주도로의 차로수가 4차로 이상인 도로.</li> <li>부도로의 차로수가 2차로 이상인 도로.</li> </ul>
4지 비신호 교차로	
개소	<ul style="list-style-type: none"> <li>4지 비신호 교차로 : 총 60개소.</li> <li>대상지역 : 30개소 (사고지역 : 15개소, 무사고 지역 : 15개소) (Random)</li> </ul>
범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>주도로의 차로수가 4차로 이상인 도로.</li> <li>부도로의 차로수가 2차로 이상인 도로.</li> </ul>

## 2. 변수의 선정

### 1) 독립변수 선정

3지, 4지 비신호 교차로에서 발생한 사고와 관련이 있을 것으로 판단되는 독립변수는 다음 <표 2>와 <표 3>과 같다.

<표 2> 3지 비신호 교차로 독립변수

번호	독립변수	기호	정의	평균	범위
1	교차각	X <sub>1</sub>	접근로 교차로가 이루는 교차각 (°)	79.06	34°~90
2	일평균교통량 (ADT)	X <sub>2</sub>	첨두시간 교통량*일평균 보정계수(=13.9) <sup>2)</sup>	16308.37	3380~36118
3	이중 정지선	X <sub>3</sub>	이중정지선 수의 합(개)	0.30	0~3
4	부도로 시거 (좌)	X <sub>4</sub>	부도로의 좌측시거 (m)	57.26	21.3~180
5	부도로 시거 (우)	X <sub>5</sub>	부도로의 우측시거 (m)	65.77	21.6~180
6	최장시거 (좌)	X <sub>6</sub>	접근로별 시거 중 가장 긴 좌측시거 (m)	84.07	21.3~180

2) 횡단보도 보행자의 동태적 행위관련 안전예측모형 개발,

7	최장시거 (우)	X <sub>7</sub>	접근로별 시거 중 가장 긴 우측시거 (m)	75.76	21.8~180
8	횡단거리 (주도로)	X <sub>8</sub>	주도로 a/b의 정지선부터 정지선까지의 거리 (m)	29.05	17~51
9	제한속도 차이	X <sub>9</sub>	주도로와 부도로의 제한속도의 차이 (kph)	2.66	0~20
10	최대 종단경사	X <sub>10</sub>	접근로별 경사 (상향, 하향) 중 최대종단경사 (%)	0.60	0~6

<표 3> 4지 비신호 교차로 독립변수

번호	독립변수	기호	정의	평균	범위
1	교차각	X <sub>1</sub>	접근로 교차로가 이루는 교차각 (°)	82.76	19°~90
2	일평균 교통량(ADT)	X <sub>2</sub>	첨두시간 교통량*일평균 보정계수(=13.9)	6436.60	4337~29273.00
3	횡단보도 수	X <sub>3</sub>	횡단보도의 수 (개수)	2.56	0~4
4	교차로 면적	X <sub>4</sub>	횡단보도를 포함한 교차로 면적 (m <sup>2</sup> )	947.58	345~2304
5	최대종단경사	X <sub>5</sub>	접근로별 경사 (상향, 하향) 중 최대종단경사 (%)	0.58	0~5
6	최장시거 (좌)	X <sub>6</sub>	접근로별 시거 중 가장 긴 좌측시거 (m)	82.50	26.7~180
7	최장시거 (우)	X <sub>7</sub>	접근로별 시거 중 가장 긴 우측시거 (m)	80.03	32.9~180
8	최대 차로폭	X <sub>8</sub>	접근로 차로폭 중 가장 큰 차로폭 (m)	3.92	3~4.8
9	횡단거리 (주도로)	X <sub>9</sub>	주도로 a/b의 정지선부터 정지선까지의 거리(m)	30.00	15~48
10	제한속도 차이	X <sub>10</sub>	접근로별 제한속도의 차이(kph)	6.66	0~20
11	정류장 개수	X <sub>11</sub>	접근로별 정류장의 개수의 합 (개수)	0.30	0~2

### 2) 종속변수 선정

종속변수는 사고건수(빈도), 백만진입차량당 사고율(MEV), 대물피해사고 환산법(EPDO), 백만진입 차량당 EPDO사고율을 선정하였으며 그 내용은 <표 4>와 같다.

<표 4> 선정된 종속변수(3지)

번호	종속 변수	기호	정의	평균	범위
1	총 사고건수	Y <sub>1</sub>	교차로에서 발생한 교통사고 건수 (빈도)	0.76	0~8
2	사고율 (MEV)	Y <sub>2</sub>	백만진입차량당 사고율 $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} * 10^6}{ADT * 365}$	0.08	0~0.7

대한토목학회논문집 제 25권 제 3호 pp.439~445, 이두회(2005), 평균값 사용.

3	EPDO	Y <sub>3</sub>	대물피해환산법 (사망사고*12+부상사고*3+물적피해 ; 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여)	2.10	0~20
4	EPDO 사고율	Y <sub>4</sub>	백만진입차량당 EPDO 사고율 $EPDO \text{ 사고율} = \frac{EPDO * 10^6}{ADT * 365}$	0.22	0~1.75

<표 5> 선정된 종속변수(4지)

번호	종속변수	기호	정의	평균	범위
1	총 사고건수	Y <sub>1</sub>	교차로에서 발생한 교통사고 건수 (빈도)	1.70	0~9
2	사고율 (MEV)	Y <sub>2</sub>	백만진입차량당 사고율 $MEV = \frac{\text{교통사고발생건수} * 10^6}{ADT * 365}$	0.25	0~1.31
3	EPDO	Y <sub>3</sub>	대물피해환산법 (사망사고*12+부상사고*3+물적피 해; 부상사고의 치명도에 따라 가중치 부여)	4.00	0~28
4	EPDO 사고율	Y <sub>4</sub>	백만진입차량당 EPDO 사고율 $EPDO \text{ 사고율} = \frac{EPDO * 10^6}{ADT * 365}$	0.57	0~2.86

### 3. 분석과정의 설정

#### 1) 사고특성분석

비신호 교차로에서 발생한 교통사고를 계절별·월별, 주·야 및 시간대별, 가해 차종 및 진행상황별로 나누어 각각의 상황에 따른 사고 특성을 분석하였다.

#### 2) 상관관계 분석

각각의 비신호 교차로별(3지, 4지 비신호 교차로) 기하구조(시거 포함)와 사고율, 사고건수, EPDO, EPDO 사고율과의 상관관계를 분석하여 각각의 종속변수에 영향을 미치는 기하구조 요소(교차로의 접근로별 차로폭, 횡단거리, 교통섬 유·무, 접근로별 시거, 횡단보도의 유·무, 교차각 등)를 설정하였다.

#### 3) 다중 선형회귀분석

다중회귀분석은 두 개 이상의 독립변수와 하나의 종속변수의 관계를 분석하는 기법으로<sup>3)</sup>

3) SPSS 12.0 매뉴얼, 이학식·임지훈, 2005.6, p.289

본 연구에서는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 네 가지의 종속변수(사고율, 사고건수, EPDO, EPDO사고율)와 두 개 이상의 독립변수(차로수, 시거, 차로폭, 횡단거리, 횡단보도수 등)를 단계선택(stepwise) 방식으로 분석하여 사고예측모형을 개발하였으며, 모형의 검정은 t 통계량, R<sup>2</sup> 및 F 값을 사용하였다.

#### 4) 다중 비선형회귀분석

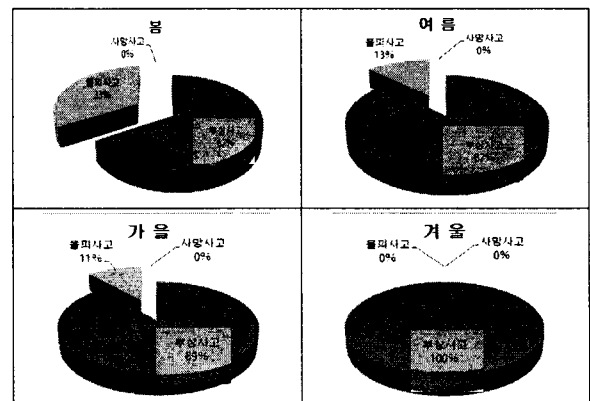
다양한 비선형 모형을 구축하여 정산과 검정을 실시하였다. 여기에서는 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 네 가지의 종속변수에 자연대수(ln)를 취한 후 단계별 회귀모형(stepwise regression model)으로 분석하여 사고예측모형을 개발하였고, 모델의 검정은 다중 선형회귀분석과 같다.

## IV. 비신호 교차로 사고특성 분석

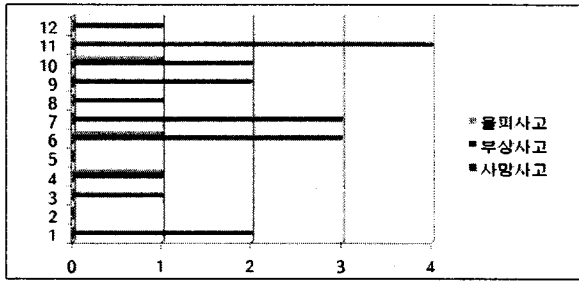
### 1. 사고특성 분석

#### 1) 계절별·월별 교통사고 분석

3지 비신호 교차로의 계절별·월별 사고특성은 봄에 물피사고가 가장 많고, 여름, 가을로 갈수록 감소하다가 겨울에는 부상사고만 있을 뿐 물피사고는 발생하지 않은 것으로 나타났다. 6월과 7월에 부상사고가 3건 있었고, 11월에 4건으로 가장 많았으며, 2월과 5월에는 사고가 발생하지 않았다. 이는 겨울철 도로 결빙 등의 원인으로 경미한 물피사고 보다는 부상사고로 이어지는 경우가 많기 때문이라고 판단된다.



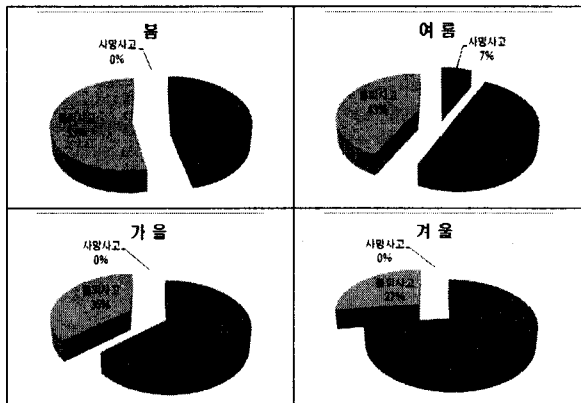
<그림 4> 계절별 사고형태비율 (3지)



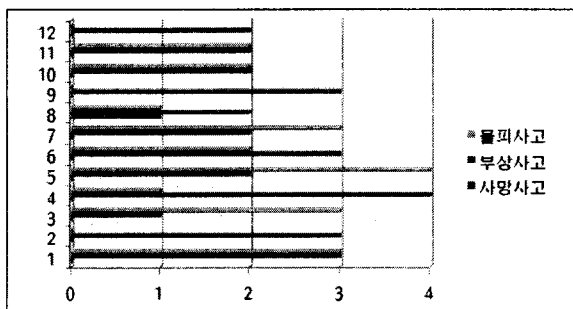
<그림 5> 월별 사고형태비율 (3지)

4지 비신호 교차로의 경우도 마찬가지로 봄에 물피사고가 가장 많다가 겨울로 갈수록 줄어드는 상황을 볼 수 있다. 이는 부상사고가 겨울로 갈수록 증가한다는 말로 바꾸어 해석할 수 있다.

월별로 봤을 때는 4월에 부상사고가 4건으로 가장 많았으며, 8월에는 사망사고가 있었다. 3지 비신호 교차로와 마찬가지로 겨울철 부상사고가 증가하는 원인으로 도로 결빙과 같은 기후와 계절적 요인이 크게 작용했기 때문인 것으로 판단된다.



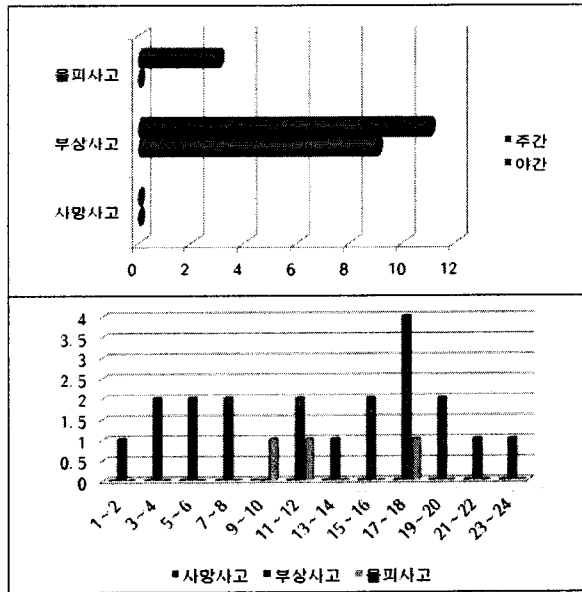
<그림 6> 계절별 사고형태비율 (4지)



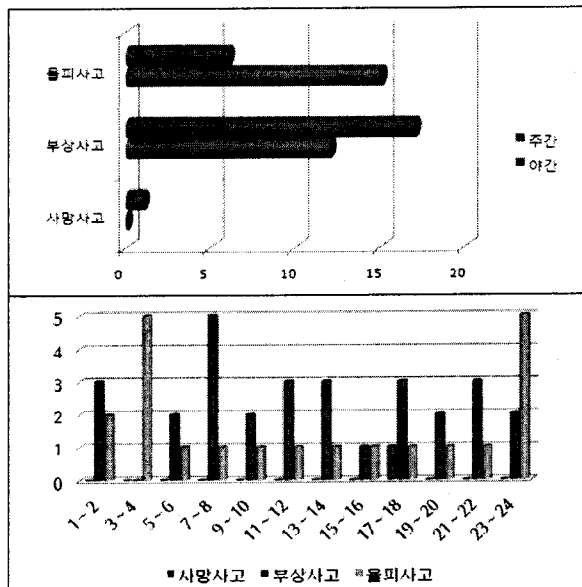
<그림 7> 월별 사고형태비율 (4지)

2) 주·야 및 시간대별 교통사고 분석

3지 비신호 교차로의 경우 주간과 야간에 사망사고는 0건이었고, 물피사고와 부상사고는 주간에 약간 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 시간대별로 살펴보면, 퇴근시간인 오후 5시와 6시 사이에 가장 많은 부상사고가 발생하였다. 또한 오전 9시와 10시 사이에 사고발생이 가장 적은 것으로 나타났다.



<그림 8> 주·야 및 시간대별 사고형태비율 (3지)



<그림 9> 주·야 및 시간대별 사고형태비율 (4지)

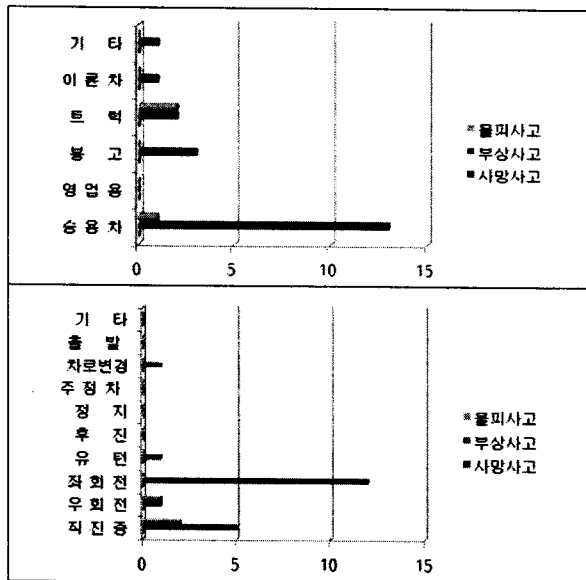
4지 비신호 교차로의 주·야 및 시간대별 사고형태비율은 <그림 9>와 같다. 부상사고는 3지 비신호 교차로와 마찬가지로 주간에 많이

발생하였으며 침두시간대인 오전 7시와 8시 사이에 가장 높은 사고율을 보였다. 또한 물피사고는 야간에 더 많이 발생하였다.

시간대별 사고형태를 보면 3지 비신호 교차로와 반대로 오전 출근 시간인 7시와 8시 사이에 가장 많은 부상사고가 발생하였고, 퇴근시간 전인 오후 3시와 4시 사이에 사고가 가장 적었다. 야간 시간인 오후 11시와 12시 사이와 오전 3시와 4시 사이에 물피사고가 가장 많이 발생한 것은 야간의 시야확보 문제 때문이라고 판단된다.

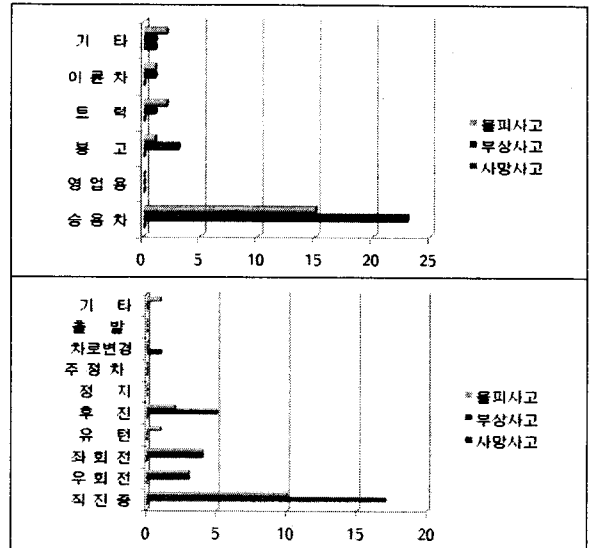
### 3) 가해 차종 및 진행상황별 교통사고 분석

3지 비신호 교차로의 차종 및 진행상황별 사고형태 비율은 <그림 10>과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 다른 차종에 비해 승용차의 비율이 월등히 많은 이유로 인하여 승용차 사고가 가장 많이 발생 하였으며, 직진과 좌회전 중에 가장 많은 부상사고가 발생하였다. 이는 통제되지 않은 비신호 교차로의 우선권 문제에 발생한 것으로 판단된다.



<그림 10> 차종 및 진행상황별 사고형태 비율(3지)

4지 비신호 교차로의 경우도 3지 비신호 교차로와 마찬가지로 승용차의 보급률이 월등히 많기 때문에 승용차의 사고발생이 가장 많고, 직진 중에 가장 많은 사고가 발생하였다. 후진 중의 사고발생 또한 적지 않게 발생하는 것은 흥미로운 결과인 것으로 판단된다.



<그림 11> 차종 및 진행상황별 사고형태 비율(4지)

## 2. 사고예측모형 개발 및 분석

사고예측모형은 종속변수를 연속변수로 사용한 다중선형회귀, 다중비선형회귀를 각각 비교 분석하여, 가장 적합한 모형을 제시하는 방법으로 진행됐다.

### 1) 상관관계 분석

변수간의 상관관계를 분석하기 위하여 신뢰수준을 90%( $\alpha=0.10$ )로 하여 사고건수(Y1), 백만진입차량당 (MEV) 사고율(Y2), EPDO(Y3), 백만진입차량당 EPDO 사고율(Y4)를 종속변수로 하고, 각각의 독립변수(Xi)를 이용하여 상관분석을 실시하였다.

<표 6> 상관관계분석 결과(3지)

	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Y <sub>1</sub>	1						
Y <sub>2</sub>	.970	1					
Y <sub>3</sub>	.997	.976	1				
Y <sub>4</sub>	.952	.996	.964	1			
X <sub>1</sub>	-.058	-.077	-.070	-.088	1		
X <sub>2</sub>	.361	.330	.365	.326	.183	1	
X <sub>3</sub>	.136	.144	.164	.166	-.215	-.174	1
X <sub>4</sub>	-.145	-.148	-.150	-.150	-.382	-.285	-.150
X <sub>5</sub>	-.150	-.155	-.154	-.157	-.480	-.290	-.196
X <sub>6</sub>	-.121	-.082	-.119	-.073	-.569	-.053	-.096
X <sub>7</sub>	-.184	-.185	-.189	-.187	-.377	-.220	-.254
X <sub>8</sub>	-.085	-.070	-.082	-.064	-.142	-.263	.232
X <sub>9</sub>	-.117	-.133	-.130	-.144	.150	.206	-.234
X <sub>10</sub>	.107	.126	.130	.147	-.304	.379	.099

	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
X <sub>5</sub>	.828	1					
X <sub>6</sub>	.644	.742	1				
X <sub>7</sub>	.757	.857	.621	1			
X <sub>8</sub>	.035	.260	.261	.271	1		
X <sub>9</sub>	-.028	.069	.040	.054	-.078	1	
X <sub>10</sub>	-.170	-.060	.300	-.123	.028	-.030	1

주) pearson 상관계수

<표 7> 상관관계분석 결과(4지)

	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
Y <sub>1</sub>	1							
Y <sub>2</sub>	.952	1						
Y <sub>3</sub>	.947	.854	1					
Y <sub>4</sub>	.941	.942	.952	1				
X <sub>1</sub>	-.308	-.292	-.368	-.380	1			
X <sub>2</sub>	.232	.117	.244	.146	-.123	1		
X <sub>3</sub>	.203	.283	.188	.283	-.096	-.278	1	
X <sub>4</sub>	.089	.147	.101	.179	-.266	-.176	.787	1
X <sub>5</sub>	.496	.372	.578	.460	-.454	.161	.053	.066
X <sub>6</sub>	-.281	-.280	-.259	-.273	.059	.332	-.289	-.331
X <sub>7</sub>	-.263	-.270	-.229	-.252	-.008	.308	-.304	-.327
X <sub>8</sub>	.246	.211	.150	.126	.014	.111	.148	-.184
X <sub>9</sub>	.165	.211	.151	.216	-.181	.039	.674	.878
X <sub>10</sub>	.170	.183	.190	.227	-.222	-.077	-.155	-.161
X <sub>11</sub>	-.132	-.168	-.181	-.212	.154	.098	.121	.063

	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>
X <sub>5</sub>	1						
X <sub>6</sub>	-.222	1					
X <sub>7</sub>	-.183	.986	1				
X <sub>8</sub>	.142	.054	.027	1			
X <sub>9</sub>	.219	-.392	-.417	-.040			
X <sub>10</sub>	.070	.115	.157	-.153	-.177	1	
X <sub>11</sub>	-.123	-.216	-.225	.150	.029	-.228	1

주) pearson 상관계수

상관 분석의 결과는 <표 6>과 <표 7>과 같다. 3지 비신호 교차로의 사고건수(Y<sub>1</sub>)는 교통량(X<sub>2</sub>)과 밀접한 관련이 있고, 다소 유의확률이 떨어지지만 부도로의 우측 시거(X<sub>5</sub>)와 우측 최장시거(X<sub>7</sub>)와도 관계가 있는 것으로 분석되었다. 사고율(Y<sub>2</sub>)은 교통량(X<sub>2</sub>)과 부도로 좌(X<sub>4</sub>), 우 시거(X<sub>5</sub>) 및 우측 최장시거(X<sub>7</sub>)와 관련이 있다. EPDO 와 EPDO 사고율은 역시 교통량(X<sub>2</sub>)과 관련이 있고, 이중 정지선의 개수(X<sub>3</sub>)와 부도로 좌(X<sub>4</sub>), 우 시거(X<sub>5</sub>) 및 우측 최장시거(X<sub>7</sub>)와 상관성이 있는 것으로 분석되었다. 이는 교통량이 많을수록 교통사고가 증가함을 나타내고 있으며, 시거의 확보가 충분하지 못한 경우 사고가 더 많이 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 3지 비신호 교차로의 경우는 사고지점 수의

부족으로 종속변수와 독립변수 간의 상관관계가 다소 떨어진 것으로 판단된다.

4지 비신호 교차로의 경우는 사고건수(Y<sub>1</sub>)는 교차각(X<sub>1</sub>), 교통량(X<sub>2</sub>), 최대종단경사(X<sub>5</sub>), 좌(X<sub>6</sub>), 우(X<sub>7</sub>) 최장시거 및 최대 차로폭(X<sub>8</sub>)과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 사고율(Y<sub>2</sub>)은 교차각(X<sub>1</sub>), 최대종단경사(X<sub>5</sub>), 좌(X<sub>6</sub>), 우(X<sub>7</sub>) 최장시거와 관련이 있는 것으로 분석되었으며, EPDO(Y<sub>3</sub>)는 교차각(X<sub>1</sub>), 교통량(X<sub>2</sub>), 최대종단경사(X<sub>5</sub>), 좌(X<sub>6</sub>), 우(X<sub>7</sub>) 최장시거와 관련이 있었다. EPDO사고율은 교차각(X<sub>1</sub>), 횡단보도의 수(X<sub>3</sub>), 최대종단경사(X<sub>5</sub>), 좌(X<sub>6</sub>), 우(X<sub>7</sub>) 최장시거, 횡단거리(X<sub>9</sub>) 및 제한속도의 차이와 관련이 있는 것으로 분석되었다. 4지 비신호 교차로에서는 교차각이 90°에 가까워질수록 사고가 감소함을 보였고, 최대종단경사(X<sub>5</sub>)가 높을수록 사고가 더 많이 발생하였다. 또한 3지 비신호 교차로와 같이 전체적으로 시거의 확보량이 적을수록 사고가 많이 발생함을 알 수 있었다.

2) 다중선형회귀, 다중비선형회귀 비교 분석

다중선형회귀분석, 다중비선형회귀분석의 2가지 분석 방법을 통하여 3지 비신호 교차로와 4지 비신호 교차로의 사고예측모형을 개발하였다. 본 연구에서는 네 가지 종속변수별로 추정된 사고예측모형 중 가장 통계적으로 유의한 모형들을 비교·분석하였다. 그 결과는 다음 <표 8>과 같다.

<표 8> 추정모형 비교·분석

Li.	3지	모형식	$Y_3 = -1.466 + 0.000143X_2 + 1.210X_3 + 0.009X_5 - 0.010X_7$				
		변수	con	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>7</sub>
		유의 확률	0.146	0.001	0.052	0.416	0.366
		R <sup>2</sup>	0.196				
Li.	4지	모형식	$Y_3 = 5.566 - 0.054X_1 + 0.456X_3 + 2.388X_5 - 0.008X_6$				
		변수	Con	X <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
		유의 확률	0.257	0.291	0.294	0.000	0.342
		R <sup>2</sup>	0.381				



3지	모형식	$Y_3 = 0.037 \cdot X_2^{0.361} \cdot e^{X_3}$								
	변수	con	$X_2$	$X_3$						
	유의 확률	0.001	0.001	0.006						
	$R^2$	0.182								
NL	모형식	$Y_1 = 9 \cdot E - 0.4 \cdot X_2^{0.714} \cdot (0.001X_4 + 0.171X_5 - 0.006X_7 + 0.424X_8 - 0.059X_9 + 0.023X_{10} - 0.242X_{11}) \cdot e$								
	변수	con	$X_2$	$X_4$	$X_5$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$
	유의 확률	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.002	0.001	0.000	0.011
	$R^2$	0.589								

주) Li : 다중선형회귀분석  
NL : 다중비선형회귀분석

본 연구에서는 4가지 종속변수별 추정된 사고예측모형 중 가장 통계적으로 유의한 모형을 비교·분석하였다. 2가지의 분석방법으로 추정된 모형들 중 가장 통계적으로 유의성이 뛰어난 모형의 대부분의 종속변수는 EPDO로 나타났다.

다중선형회귀분석을 통하여 추정된 3지·4지 비신호 교차로의 모형들은  $R^2$ 값이 각각 0.196과 0.381로 나타나 통계적으로 유의함이 떨어져 설명력이 부족한 모형으로 분석되었다. 다중비선형회귀분석을 통해 추정된 3지 비신호 교차로 모형에서 변수들은 상당히 좋은 유의성을 나타내고 있으나 추정된 모형은 모형으로 적합하지 않는 것으로 나타났다. 4지 비신호 교차로 모형은  $R^2$ 값이 0.589로 유의한 모형으로 판단된다. 청주시 비신호 교차로는 다중선형회귀분석보다는 다중비선형회귀분석을 통해 추정된 모형이 보다 통계적으로 유의한 모형으로 분석되었다.

3지 비신호 교차로의 추정된 모형들에서는 교통량이 많고 이중정지선이 많을수록 사고 심각도가 높은 것으로 나타났으며, 시거가 확보될수록 안정성이 확보되어 심각도가 낮아지는 것으로 분석되었다. 일반적인 상식과는 달리 경사가 있으면 사고 심각도가 감소하는 것이 3지 비신호 교차로의 특징으로 나타났다.

4지 비신호 교차로의 추정된 모형들은 교통량이 많고 횡단보도가 많고 차로폭이 넓을수록 사고 심각도가 높고 시거가 충분히 확보되며 제한속도의 차이가 클수록 사고가 감소하는 결과를 나타냈다. 3지 비신호 교차로와는 달리 경사가 클수록 사고 심각도가 증가하는 것으로 분석되었다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 청주시 비신호 교차로를 대상으로 하여 교통사고 특성을 분석하고 이를 통해 사고예측모형을 개발하여 비신호 교차로의 안전성을 향상시키고, 더 나아가 교통사고에 대한 연구에 기여하고자 하였다.

비신호 교차로의 사고특성을 분석한 결과 3지·4지 비신호 교차로 모두 봄에서 겨울로 갈수록 물피사고는 감소하고 부상사고가 증가하는 것으로 분석되었다. 3지 비신호 교차로는 오후 퇴근 시간인 5시와 6시 사이에 가장 많은 부상사고가 발생했고 4지 비신호 교차로는 오전 출근 시간인 6시와 7시에 가장 많은 부상사고가 발생하였고, 야간에 물피사고가 많이 발생하였는데 이는 시야확보의 문제 때문이라 분석되었다. 승용차의 대량보급으로 다른 차종에 비해 승용차 사고가 많았으며, 3지 비신호는 직진과 자회전시에 4지 비신호는 직진 중에 가장 많은 부상사고가 발생하였다.

다중 선형과 비선형의 두 가지 분석 방법을 실시한 결과 가장 통계적으로 유의한 수준으로 추정된 모형의 종속변수는 4가지 종속변수 중 EPDO로 나타났다. 다중선형회귀분석을 통하여 추정된 모형들은  $R^2$ 값이 0.196(3지)과 0.381(4지)로 모형이 통계적 유의하지 않는 결과를 얻었다. 다중비선형회귀분석의 결과는  $R^2$ 값이 0.182(3지)와 0.589(4지)로 3지 비신호 교차로의 경우 변수들간의 상관관계는 높았으나, 모형으로서 설명력이 다소 떨어지는 결과를 나타냈으며, 4지 비신호 교차로의 경우는 통계적으로 유의한 모형으로 분석되었다.

따라서 3지 비신호 교차로보다는 4지 비신호 교차로의 모형이 적합한 것으로 분석되었다. 청주시 비신호 교차로에서는 다중선형회귀분석보다는 다중비선형회귀분석이 더 적합한 분석방법이라는 결과를 도출했다.

이상으로 두 가지 분석방법을 통하여 청주시 비신호 교차로의 교통사고 특성과 사고예측모형을 구축하였다. 그러나 본 연구에서 2004년 한 해 동안의 사고자료만을 이용했기 때문에 사고건수가 적어 보다 예측력이 높은 모형의 개발에 있어서 어려움이 있었다. 이러한 문제를

보완하기 위해서는 다년간의 교통사고 자료의 구축이 필요할 것이다. 또한, 본 연구의 교통사고 예측에 있어서 도로의 기하구조만을 적용하여 구축하였으나 교통사고와 같은 경우 기하구조와 같은 물리적 요인 이외에도 운전자의 행태나 심리와 같은 인적요인에 많은 영향을 받기 때문에 다소 적용상의 어려움이 따르겠지만 인적요인에 대한 연구가 추후 진행되어야 할 것이다. 마지막으로 교통사고 특성분석에 있어서 모든 요인들을 찾아내어 분석할 수는 없겠으나 실제적인 교통사고 특성에 반영할 만한 좀 더 다양한 요인들을 찾아내어 세분화하고 다각도로 분석한다면 현실을 반영하기에 적합한 분석을 할 수 있을 것이다.

본 연구를 통하여 작게는 청주시 비신호 교차로의 안전성을 향상시키고, 더 나아가 우리나라의 비신호 교차로의 사고특성이나 사고예측 모형에 관한 연구에 기여할 수 있을 것이라고 본다.

## 참고문헌

1. 고통석, 이용재, 정진혁(2000), “수도권 지역 4-지 비신호 교차로에 대한 이동류별 차량의 임계간격과 추종시간 기준에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 18권 6호, pp.19-32.
2. 문영준, 임관수(2001), “비신호 교차로 전방향 정지제어 도입 타당성 연구”, 교통개발연구원 연구총서, 2001-06.
3. 이슬기(2003), “임계간격을 이용한 비신호 교차로의 시거 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 21권 제5호, pp.97-110.
4. 박용진(1994), “비신호 교차로에서의 교통류 특성 및 접근 지체모형 개발”, 대한교통학회지 제12권 제2호, pp.47-63.
5. 박병호(1995), “충청권의 교통사고 예측모형의 개발에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 13권 제1호, pp.63-82.
6. 강민욱, 도철웅, 손봉수(2002), “고속도로 평면 선형상 사고빈도분포 추정을 통한 음이향 회귀모형 개발”, 대한교통학회지 제20권 제7호, pp.197-204.
7. 임윤택(1992), “도로의 특성이 교통사고에 미치는 영향 분석”, 연세대학교 석사학위 논문 1992.12.
8. 김홍상(1998), “국도교차로 형태에 따른 교통사고 특성에 관한 연구”, 한국과학재단 제출문 (1998.2).
9. 윤소영(2002), “포아송 모형과 음이향 모형에 대한 베이지안 모형선택”, 전남대학교 석사학위 논문.
10. 류승욱(2005), “고속도로 교차점의 기하구조와 교통사고의 관계설정 및 모형분석” 충북대학교 박사학위논문.
11. 오주택, 성낙문, 하오근(2005), “국도변 신호교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형개발”, 대한토목학회논문집 제25호 제1D호, pp. 9-15.
12. Hoong Chor Chin, Mohammed Abdul Quddus(2003), “Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections”, accident analysis & prevention 35 (2003) pp.253-259.
13. Xuedong Yan, Essam Radwan, Mohamed Abdel-Aty(2005), “Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model”, accident analysis & prevention37 (2005) pp.35-46.
14. NCHRP REPORT 500, Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan, 2003, TRB.
15. Andrzej Tarko · Marian Tracz(1995), “Accident prediction models for signalized crosswalks”, Safety Science 19, 1995, pp. 109-118.
16. Jianming Ma, Kara M. Kockelman, “Crash Modeling Using Clustered Data from Washington State :Prediction of Optimal Speed Limits”, TRB(Transportation Research Board) 2005 Annual Meeting.