

경험적 베이즈 방법을 이용한 무인신호위반단속장비의 사고감소 효과

Effects on the Accident Reduction of Red Light Camera Using Empirical Bayes Method

김 태 영* 박 병 호**
(Tae-Young Kim) (Byung-Ho Park)

요 약

본 연구는 무인신호위반단속장비의 사고감소 효과를 다루고 있다. 연구의 목적은 EB (Empirical Bayes) 방법을 이용하여 사고감소 효과를 분석하는데 있다. 이를 위해 무인신호위반단속장비가 설치된 28개 교차점 728건의 사고자료를 이용한다.

연구의 주요결과는 다음과 같다. 첫째, 단순사고건수 방법의 사고감소 효과는 20.74%로 분석되었다. 둘째, 포아송과 음이항 회귀모형을 이용하여 SPF모형이 개발되었으며, 과분산계수가 0에 가까워 포아송 회귀모형이 음이항 회귀모형보다 더 적합한 것으로 평가되었다. 아울러 포아송 모형의 ρ^2 값이 0.409로 나타나 통계적으로 유의한 모형으로 분석되었다. 마지막으로, EB방법을 이용한 분석 결과, 사고가 3.89%에서 29.23% 감소된 것으로 나타났다.

Abstract

This study deals with the effects on the accident reduction according to the installation of RLC (red light cameras). The objective is to analyze the effects on the accident reduction using EB (Empirical Bayes) method. In pursuing the above, the study uses the 728 accident data occurred at the 28 intersections which RLC are installed.

The main results are as follows. First, the effects of accident reduction were analyzed to be 20.74% by simple before-after study method. Second, the safety performance functions (SPF) were developed by the Poisson and negative binominal regression models, and since the over-dispersion parameter was close to zero, Poisson model was evaluated to be more appropriate than the negative binominal model. Also, the Poisson model was analyzed to be statistically significant because its ρ^2 value was 0.409. Finally, the results of analysis using an EB method showed that the accidents were reduced by range from 3.89 to 29.23%.

Key words: Empirical bayes method, simple before-after study method, red light camera, effects of accident reduction

* 주저자 : 충북대학교 도시공학과 박사수료
** 교신저자 : 충북대학교 도시공학과 교수
† 논문접수일 : 2009년 9월 28일
‡ 논문심사일 : 2009년 11월 6일
† 게재확정일 : 2009년 11월 9일

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

교통사고는 인적, 차량 및 환경적 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 이 중에서도 인적요인인 신호위반은 교통사고의 주요인이 되고 있다. 그 예 방책으로 경찰인력에 의한 단속방안이 실시되어왔다. 그러나 인력에 의한 단속은 24시간 상시 단속이 불가능하고, 단속자의 위험 노출과 단속여부에 대한 시비가 발생함에 따라 무인교통단속시스템이 도입되었다.

우리나라에서는 과속, 신호 및 차로이용방법 위반을 동시에 단속할 수 있는 무인신호위반단속장비를 2000년 수도권지역에 20대가 처음 설치·운영된 후, 2006년까지 총 608대가 운영되고 있다.

무인신호위반단속장비의 설치 및 운영에는 막대한 비용이 소요되고, 장비설치에 따른 교차로 사고 유형의 변화 및 교통사고 분석이 부족하여 교차로 사고가 상대적으로 많이 발생하는 지점을 선정하여 설치되고 있는 실정이다.

본 연구는 충청도내 무인신호위반단속장비가 설치된 교차로에 대하여 경험적 베イズ 방법을 통해 장비의 설치 전·후 사고감소 효과를 분석하는데 그 목적이 있다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 충청도내 무인신호위반단속장비가 설치된 지점에 대한 2000년부터 2007년까지의 교통사고자료(교통사고관리시스템, 도로교통공단)와 교차로에 교통사고를 예방 및 단속하기 위해 2003년부터 2007년까지 설치·운영되는 있는 28개소 무인신호위반단속장비의 단속자료를 수집·정리하였다.

본 연구의 수행절차는 다음과 같다.

제1단계는 관련문헌 고찰로 무인신호위반단속장비와 관련된 연구논문 및 분석방법론을 검토하여 연구의 방향을 설정한다.

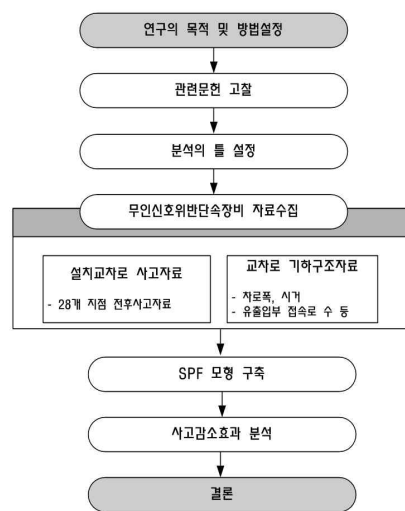
제2단계는 충청도내에서 2003년에서 2007년까지

설치·운영되고 있는 무인신호위반단속장비를 대상으로 설치 전·후에 대한 사고자료 및 관련변수를 수집한다.

제3단계는 분석틀의 설정단계로 조사된 자료를 바탕으로 통계패키지 Limdep 7.0을 이용하여 SPF (safety performance function : 안전성과함수로 장비 설치 전 자료를 이용한 사고모형을 의미함)를 구축한다.

제4단계는 무인신호위반단속장비 설치 전·후의 교통사고 변화에 따른 사고감소 효과를 분석한다.

마지막 단계는, 결론을 정리하고 본 연구에서 미진하게 검토된 사항들과 향후 연구과제를 제시한다.



<그림 1> 연구의 수행과정

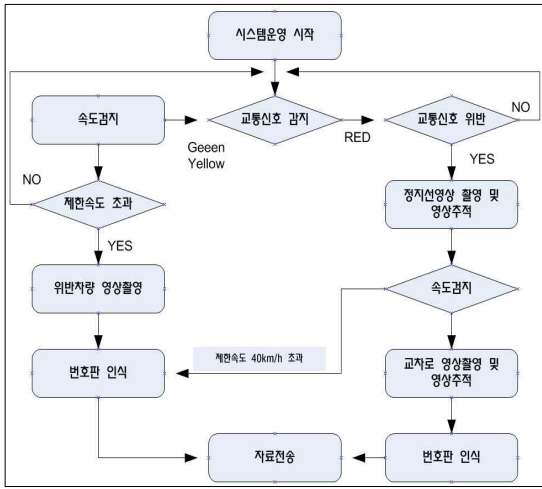
<Fig. 1> Flow chart of this study

II. 관련문헌 고찰

1. 무인신호위반단속장비 개요

본 연구의 대상 시설인 무인신호위반단속장비는 과속 및 신호위반 등을 단속할 수 있도록 주 카메라부, 보조 카메라부 및 제어기로 이루어진 지역제어기를 말한다. 신호위반 차량을 단속하는 무인신호위반단속장비는 현재 신호위반과 속도위반만을 단속하

고 있으며, 신호등이 설치된 교차로와 횡단보도에 설치되어 운영되고 있다. 단속장비의 검지 및 영상 취득 시스템의 흐름도는 다음과 같다.



<그림 2> 무인신호위반단속장비 시스템 흐름도
<Fig. 2> Flow chart of RLC system

2. 국내·외 연구동향

1) 무인신호위반단속장비 관련 연구

Maccubbin 등(2001)은 무인신호위반단속장비 설치 후 미국에서 전반적으로 신호위반이 20~87% 감소하였고, 절반이상의 지역에서 40~62% 감소한 것으로 분석하였다. 이는 오스트레일리아, 싱가포르, 캐나다 그리고 영국에서도 비슷하다고 설명하고 있다 [1].

Retting 등(1999)은 캘리포니아에서 무인신호위반 단속장비의 설치 후 단속건수가 40% 감소하였고, 게다가 설치되지 않은 인접한 신호교차로에서도 단속 건수가 감소된 것으로 분석하였다 [2].

Ruby and Hobeika(2003)의 연구에 의하면, 신호위 반율이 초기 3개월 동안은 36%, 6개월 후에는 69%의 감소가 나타났고, 시민들의 단속장비 설치 지지율이 설치 전 75%에서 설치 1년 후에는 84%까지 상승하였다고 한다 [3].

도로교통공단(2004)의 연구에서는 신호위반단속장

비 설치 전·후 교통사고를 분석한 결과, 서울, 경기 및 인천지역의 조사대상 20개 지점에서 장비 설치 전 연평균 교통사고발생건수는 447.0건, 사망사고 2.5명으로, 교통사고건수는 21.7% 그리고 사망사고는 28.6% 감소한 것으로 분석되었다 [4].

김명석(2006)은 서울시 무인신호위반단속장비가 설치된 60개 지점 중 24개 지점의 설치 전·후 1년간의 교통사고자료와 설치 후 1년간의 단속자료를 분석하였다. 단속시스템의 설치 후 전체 교통사고발생건수는 15.9%로 감소하였고, 전체 사망자수는 변화가 없으며, 중상자는 16.3%, 경상자는 14.9% 감소한 것으로 분석되었다 [5].

김형준 외 2인(2009)은 무인신호위반단속장비 설치에 따른 교통사고특성 및 모형을 분석하였으며, 포이송과 음이향 회귀모형을 개발하였다 [6].

2) EB방법 관련 연구

오홍운 외 1인(2007)은 노면요철포장(rumble strip)이 설치되어 있는 고속도로 377개소의 설치 전·후 교통사고감소를 분석하여 제시하고 있다 [7].

박민호 외 3인(2006)은 중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석을 위해 SPF모형 개발과 EB방법을 이용하였으며, 중앙분리대 설치가 사망사고 감소에 효과적인 것으로 분석되었으며, 부상사고에는 효과가 적은 것으로 나타났다 [8].

이수범 외 2인(2008)은 토지이용 특성별 어린이 보호구역 개선사업의 교통사고 감소효과를 분석하였으며, 아파트 지역의 개선사업의 효과가 가장 큰 것으로 나타났다 [9].

3. 연구의 차별성

본 연구의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 무인신호위반단속장비의 충청북도 내 28개 지점의 자료를 구축함으로써 기존의 연구보다 더 많은 표본을 활용하여 통계적으로 유의한 결과를 제시하고자 한다. 둘째, 기존의 연구는 단순효과 분석과 사고특성을 분석하여 모형을 개발하는데 중점을 두고 있지만, 본 연구는 EB방법을 이용한 무인신호위반단

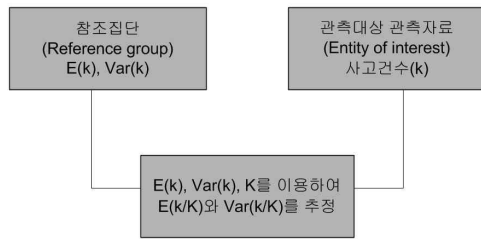
속장비의 사고감소 효과를 분석하여 결과를 제시한 점에도 연구의 차별성이 있다.

III. 분석틀의 설정

1. EB 방법 개요

경험적 베이지 방법(Empirical Bayes method: EB)의 기본개념은 어느 지점의 사전사고 건수를 참조집단의 사고예측모형(safety performance function: SPF)을 관측사고건수와 가중 평균하여 산정하고, 이를 개선사업이 이루어지고 난 후의 사고건수와 비교하여 효과를 산정하는 것이다(Hauer, 2002).

EB방법의 가장 큰 장점은 평균으로의 회귀(regression to the mean: RTM)를 제거하여, 보다 적합한 시설물(개선사업)의 효과를 산출할 수 있다는 것이다. 평균으로의 회귀편기(regression to the mean bias)란 F. Galton이 1877년 유난히 키가 큰 부모들과 그 자식들의 키를 조사한 결과 부모의 신장과는 상관없이 전체 평균과 유사하게 나타나는 것을 토대로 제시한 개념이다. 즉, 어떤 자료가 확률변수일 때, 계속되는 자료는 위 자료의 특성과 상관없이 평균으로 회귀한다는 것이다.



<그림 3> EB방법 기초개념
<Fig. 3> Basic concept of EB method

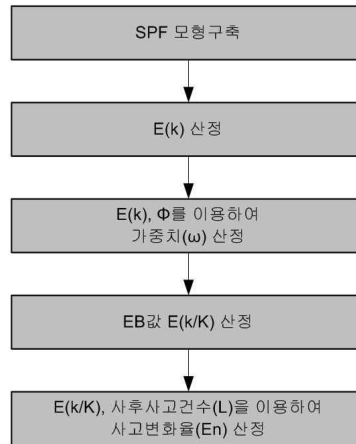
교통사고 자료에 대하여 이러한 법칙이 성립함을 Hauer 등이 증명하였다. 어떤 지점에서 과거 몇 년간 많은 교통사고가 발생하였다 하더라도 교통사고의 불확실성 때문에 그것이 일시적인 현상일 수 있고 장래에는 전혀 다른 교통사고 특성을 보일 수가 있

다. 이러한 교통사고의 불확실성으로 인한 도로의 안전도 평가의 왜곡 현상은 교통특성 및 도로의 구조가 비슷한 참조집단(reference group)의 교통사고 현황을 이용하여 극복될 수 있는데, 이때 사용되는 개념이 Bayes이론이다.

Bayes방법은 사전분포(prior distribution)의 불확실성을 사후분포(posterior distribution)를 통하여 보정할 수 있다는 논리를 기반으로 하고 있다. Bayes방법은 어떤 특정지역의 교통사고 현황을 그 특정지점과 참조집단의 교통사고 기록과 결합하여 교통사고의 불확실성으로 인한 문제를 극복할 수 있고 확률적 해석이 가능하다는 측면 때문에 평균으로의 회귀편기 문제를 해결할 수 있는 방법이다.

2. EB방법 분석과정

우선 참조집단을 이용하여 SPF를 구축한다. SPF란 참조집단의 평균사고빈도(E(k))를 나타내는 함수로 교통량 등 사고에 영향을 미치는 도로교통환경 특성을 설명변수로 구축할 수 있다. 이것은 무인신호위반단속장비의 설치가 이루어지지 않았을 경우의 참조집단 기대사고건수 예측모형으로, 이 모형은 일반적으로 아래 식과 같이 종속변수(사고건수)와 독립변수(교통량 등)로 구성된다. <그림 4>는 EB방법



<그림 4> EB방법 분석과정
<Fig. 4> Analysis process of EB method

의 분석과정을 나타내고 있다.

사고모형 중 포아송 분포는 평균과 분산이 같다는 특성이 있다. 그런데 실제 사고자료를 분석하여 보면 분산과 평균이 다르게 나타나는 경우가 있는데, 이 때 서로 다른 정도를 파악하기 위해 개발된 개념이 과분산 계수(over-dispersion parameter: Φ)라 한다. SPF를 이용하여 $E(k)$ 를 추정한 후, $E(k)$ 와 Φ 를 이용하여 가중치를 산정한다.

$$\omega = \frac{1}{(1 + E(k)/\Phi)} \quad (1)$$

여기서, $E(k)$ 는 평균사고건수이며, Φ 는 과분산계수이다.

가중치 산정 후, 기대사고건수($\pi = E(k/K)$)를 아래 식과 같이 추정한다.

$$\pi = E(k/K) = \omega E(k) + (1 - \omega)K \quad (2)$$

여기서, K 는 실제사고건수이다.

다음 단계는 오즈비(Odds Ratio : θ)를 구하고, 사고감소율(E_n)을 산정한다.

$$\theta = \frac{\sum L_i}{\sum E(k/K)} \quad (3)$$

여기서, $\theta < 1$ 이면 사고건수 감소, $\theta > 1$ 이면 사고건수 증가, 그리고 L_i 는 사후사고건수를 나타낸다.

$$E_n = 100(\theta - 1) \quad (4)$$

마지막으로, 산출된 효과도를 구간(range)으로 표현하기 위하여 E 값의 신뢰구간(95%)을 산정하였다. 즉, 이것은 사고변화율이 아래 구간 안에 있을 가능성이 95%라는 것을 의미한다.

$$\left(\bar{E} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{\eta}}, \bar{E} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{\eta}} \right) \quad (5)$$

<표 1> EB방법 분석자료 예시

<Table 1> Example of analysis data for EB method

지점 번호	개선된 지점		기대 사고건수	사고감소효과	
	사전 사고건수	사후 사고건수		Odds Ratio	감소율
1	K_1	L_1	π_1	θ_1	E_1
2	K_2	L_2	π_2	θ_2	E_2
:	:	:	:	:	:
i	K_i	L_i	π_i	θ_i	E_i
:	:	:	:	:	:
n	K_n	L_n	π_n	θ_n	E_n

여기서, \bar{E} 는 전체지점 사고변화율의 평균값, σ 는 전체지점 사고변화율의 표준편차, 그리고 η 는 지점수이다.

IV. 사고감소 효과분석

1. 자료수집

교통사고 및 관련변수 자료의 수집은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 먼저 교통사고자료는 2000년부터 2007년까지 도로교통공단의 교통사고 잦은 곳 사고자료와 도로교통공단 사고통계자료를 이용하여, 무인신호위반단속장비가 설치된 충청북도 내 사고자료를 수집하였다.

둘째, 사고충돌도(collision diagram) 자료는 1년 단위로 사고자료를 근거로 도로교통공단 홈페이지의 통계자료를 재작성하여 사고건수별로 피해정도(사망, 중상, 경상, 물피)와 구체적 발생위치, 사고유형(차대사람, 차대차, 차량단독, 차대열차) 등을 지점별 도면에 기호화하였다. 또한 해당 지점에서의 교통사고 발생현황 및 사고유형 등 특성을 시각적으로 쉽게 분석할 수 있도록 정리하였다.

셋째, 무인신호위반단속 자료는 2003년부터 2007년까지의 자료를 수집하였고, 마지막으로 부족한 교통량, 교통운영 및 기하구조 자료는 현장조사를 통해 추가하였다. 이러한 조사결과를 바탕으로 본 연구에서는 <표 2>와 같이 19개의 독립변수를 선정하였다.

<표 2> 무인신호위반단속장비 설치 교차로 변수
 <Table 2> Variables of interchanges which RLC was installed

독립 변수	정의	기호	평균
1. 일평균교통량 (ADT) (대/일)	일평균 교통량	X_1	54,185
2. 신호위반 단속건수(건/년)	설치 후 1년 단속건수	X_2	1,369
3. 신호위반 평균속도(Km/h)	신호위반시 평균속도	X_3	50.51
4. 적색등화 후 평균 진입시간(초)	적색등화 후 평균 교차로 진입시간(초)	X_4	11.1
5. 교차로 면적(m ²)	횡단보도 포함한 면적	X_5	2,222
6. 주·직진차로수(개)	주도로 평균 직진차로수	X_6	4.93
7. 부·직진차로수(개)	부도로 평균 직진차로수	X_7	3.82
8. 좌회전전용차로수 (개소)	전체 좌회전 허용 접근로 수	X_8	3.14
9. 최대종단경사(%)	최대 종단경사도	X_9	-1.27
10. 교차각(°)	접근로의 교차각	X_{10}	78.86
11. 주·인접교차로 거리(m)	주도로의 교차로에 가장 인접한 교차로까지 거리	X_{11}	292.76
12. 부·인접교차로 거리(m)	부도로의 교차로에 가장 인접한 교차로까지 거리	X_{12}	202
13. 유입부 정류장 수 (개소)	전체 유입부 정류장 수(75m이내)	X_{13}	0.29
14. 유출부 정류장수 (개소)	전체 유출부 정류장 수(75m이내)	X_{14}	0.46
15. 유입부 연결로 수 (개소)	전체 유입부에 접속된 연결로 수(75m 이내)	X_{15}	0.36
16. 유출부 연결로 수 (개소)	전체 유출부에 접속된 연결로 수(75m 이내)	X_{16}	0.5
17. 주·황색시간(초)	주도로 황색시간	X_{17}	3.93
18. 부·황색시간(초)	부도로 황색시간	X_{18}	3.89
19. 신호현시수(현시)	신호운영 현시수	X_{19}	4.39

본 연구의 분석대상은 충청도내 2003년부터 2007년까지 설치·운영 중인 41개소 중 2007년도에 설치된 8개소 및 3지 교차로에 설치된 5개소 총 13개소를 제외한 4지교차로 28개 지점을 연구대상으로 한다. 연도별 설치 현황은 <표 3>과 같다.

<표 3> 무인신호위반단속장비 설치현황 (단위: 대)
 <Table 3> Existing condition of interchange that RLC was installed

구분	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
설치 대수	12	6	4	6	-
누적 설치 대수	12	18	22	28	28

무인신호위반단속장비 설치 전·후 사고를 분석하기 위해 설치년도의 사고자료를 제외하고, 설치 전 1년, 설치 후 1년 자료를 사용하였다.

<표 4> 무인신호위반단속장비 설치 전·후 단순사고분석

<Table 4> Simple before-after study method of interchange that RLC was installed

구분	발생건수(건)				
	총 사고 건수	사망	부상		물피
			중상	경상	
설치 전	429	6	148	117	158
설치 후	340	2	138	112	88
증감	-89	-4	-10	-5	-70
증감률(%)	-20.7	-66.7	-6.8	-4.3	-44.3

무인신호위반단속장비 28개 지점의 설치 전·후 각각 1년간의 교통사고 자료를 단순 분석한 결과, 설치 전과 비교하여 설치 후의 전체교통사고건수는 20.74% 감소하였다.

2. SPF모형 구축

SPF모형을 구축하기에 앞서 사고자료가 포아송분포를 따르는지에 대한 검증이 필요하다. 이를 위해

일표본 K-S 비모수검정을 실시하였다.

<표 5> 일표본 K-S 검정
<Table 5> Kolmogorov-smirnov test

구 분		사고건수(x_1)
포아송 모수(a,b)	평균	16.5833
	절대값	0.234
최대극단차	양수	0.234
	음수	-0.165
Kolmogorov-Smirnov의 Z		1.147
근사 유의확률(양측)		0.144

유의확률이 0.144로 '사고자료는 포아송분포다.'라는 가설을 기각하지 못하여 귀무가설이 채택되었다.

SPF식은 통계패키지 Limdep 7.0을 이용하여 구축하며 사고건수를 종속변수로 하고, 상관분석을 통해 유의한 19개의 독립변수를 이용하여 모형을 구축하였다. 그 모형식 결과는 <표 5>와 같다.

<표 6> SPF모형 구축
<Table 6> Development of SPF model

변 수		포아송 회귀모형	음이항 회귀모형
상 수	Coeff.	0.96086833	0.96282069
	Std. Err.	0.24894327	0.25743974
	p value	0.0001	0.0002
일평균 교통량 ADT(X_1)	Coeff.	0.112453D-04	0.113679D-04
	Std. Err.	0.175890D-05	0.193363D-05
	p value	0.0000	0.0000
유출부 연결로수 (X_{16})	Coeff.	0.12537195	0.13189290
	Std. Err.	0.06590913	0.07433276
	p value	0.0571	0.0760
부도로 황색시간 (X_{18})	Coeff.	0.24343467	0.24023608
	Std. Err.	0.06805739	0.07188007
	p value	0.0003	0.0008
R_D^2		0.7795	-
R_P^2		0.8042	-
Alpha(Φ)		0.005783	
ρ^2		0.409029	0.014974

<표 7> 독립변수간 상관분석
<Table 7> Correlation analysis of independent variables

구 분	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
x_1	1	-	-	-	-	-
x_2	0.053	1	-	-	-	-
x_3	0.045	0.506	1	-	-	-
x_4	-0.362	-0.350	-0.393	1	-	-
x_5	0.412	-0.256	0.131	-0.324	1	-
x_6	0.533	0.112	-0.155	-0.131	0.176	1
x_7	0.777	-0.262	0.112	-0.288	0.649	0.285
x_8	0.598	-0.154	-0.052	-0.376	0.515	-0.050
x_9	0.268	0.180	0.097	-0.354	0.179	-0.097
x_{10}	0.090	0.005	-0.083	-0.070	0.035	0.111
x_{11}	-0.232	0.319	0.402	-0.181	-0.228	-0.128
x_{12}	0.180	-0.140	0.105	-0.246	0.342	-0.040
x_{13}	0.113	0.093	-0.145	-0.210	0.149	0.181
x_{14}	0.552	0.067	-0.165	-0.122	-0.053	0.337
x_{15}	0.417	0.429	0.180	-0.295	-0.111	0.324
x_{16}	0.017	-0.158	-0.218	-0.337	0.206	-0.205
x_{17}	0.498	0.149	0.274	-0.338	0.409	0.204
x_{18}	0.131	0.155	0.309	-0.437	0.531	0.213
x_{19}	0.483	0.166	-0.023	-0.316	0.208	0.299
구 분	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_7	1	-	-	-	-	-
x_8	0.687	1	-	-	-	-
x_9	0.197	0.333	1	-	-	-
x_{10}	0.100	-0.012	0.160	1	-	-
x_{11}	-0.299	-0.236	-0.153	-0.179	1	-
x_{12}	0.306	0.445	0.048	-0.227	0.182	1
x_{13}	-0.033	0.056	0.261	0.233	-0.146	-0.353
x_{14}	0.239	0.166	0.053	0.076	-0.186	0.111
x_{15}	0.162	0.048	-0.136	0.208	-0.157	-0.108
x_{16}	0.065	0.417	0.112	-0.095	-0.186	0.292
x_{17}	0.371	0.258	0.360	-0.140	-0.332	-0.152
x_{18}	0.447	0.307	0.240	-0.002	-0.311	-0.117
x_{19}	0.150	0.252	0.356	0.387	-0.244	-0.036
구 분	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}
x_{13}	1	-	-	-	-	-
x_{14}	0.252	1	-	-	-	-
x_{15}	0.106	0.384	1	-	-	-
x_{16}	0.189	0.292	0.140	1	-	-
x_{17}	0.465	0.189	0.235	0.065	1	-
x_{18}	0.426	0.230	0.194	0.099	0.924	1
x_{19}	0.581	0.360	0.380	0.177	0.652	0.615

무인신호위반단속장비가 설치된 지점의 특성을 나타낼 수 있는 교통량, 유출부 연결로수, 부도로 황색시간이 모형에 사용되었다. 16개의 채택되지 못한 변수들은 신뢰수준에 미치지 못하여 모형에서 채택되지 못하였다. 또한 모형에 사용된 변수들 간의 다중공선성을 검토하기 위해 상관분석을 실시하였다. 그 결과는 <표 6>와 같으며, 변수들 간의 다중공선성이 존재하지 않는 것으로 분석되었다.

이 변수들의 p 값은 신뢰수준 90% ($\alpha=0.10$) 기준에 유의하며, 교통사고건수에 대한 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형을 개발하였고, 도출된 우도비(ρ^2)는 각각 0.409와 0.015로 나타나 포아송 회귀모형의 적합도(goodness of fit)가 높은 것으로 분석되었다. 분산계수(Φ) 값도 0.00578로 0에 가까워 음이항 회귀모형보다는 포아송 회귀모형이 적합한 것으로 분석된다. 독립변수들의 부호가 모두 (+)로 교통량 및 유출부 연결로수가 많을수록, 부도로 황색시간이 길수록 사고가 많이 발생하는 것으로 분석되었다.

3. 지점별 효과분석

사고효과분석은 SPF모형을 이용하여 추정된 기대 사고건수와 설치 후 실제사고건수의 비를 이용하여 사고감소 효과($\theta = \text{사후사고건수} / \text{기대사고건수}$)를 산정하였다. <표 7>은 효과분석을 위한 기대사고건수와 실제사고건수의 비를 정리한 내용이다. 사고가 감소한 지점이 총 28개소 중 19개소, 변화가 없는 지점은 2개소로 분석되었으며, 사고가 증가된 지점은 7개소이다. 즉, 사고증가지점의 사고증가 건수가 1~4건 수준으로 감소된 지점의 사고감소건수보다 월등히 낮은 수준인 것으로 분석된다. 무인신호위반단속장비 설치에 따른 95% 신뢰수준에서의 사고감소 효과는 최소 3.89%, 최대 29.23% 범위 내인 것으로 분석된다.

V. 결론

본 연구는 무인신호위반단속장비 설치 전·후에 따른 교통사고감소효과를 EB방법을 이용하여 분석

<표 8> EB방법에 의한 사고감소 효과
<Table 8> Effects on the accident reduction of RLC using EB method

구분	설치지점		가중치 (ω)	기대 사고건수 (π)	사고감소효과	
	설치전 사고건수	설치후 사고건수			odds ratio (θ)	변화율 (%)
1	31	13	0.00020	31.000	0.419	-58.06
2	12	10	0.00046	12.000	0.833	-16.67
3	22	18	0.00024	22.001	0.818	-18.18
4	32	31	0.00018	32.000	0.969	-3.12
5	43	43	0.00018	42.998	1.000	0.00
6	24	25	0.00034	23.998	1.042	4.18
7	13	9	0.00032	13.002	0.692	-30.78
8	11	5	0.00059	10.999	0.455	-54.54
9	15	18	0.00059	14.997	1.200	20.02
10	15	12	0.00049	14.998	0.800	-19.99
11	18	12	0.00055	17.996	0.667	-33.32
12	8	10	0.00073	8.000	1.250	25.00
13	5	0	0.00098	5.001	0.000	-100.00
14	18	13	0.00029	18.001	0.722	-27.78
15	17	8	0.00029	17.001	0.471	-52.94
16	12	5	0.00063	11.998	0.417	-58.33
17	8	5	0.00055	8.001	0.625	-37.51
18	18	11	0.00024	18.001	0.611	-38.89
19	17	6	0.00035	17.000	0.353	-64.71
20	4	7	0.00038	4.004	1.748	74.81
21	30	30	0.00022	29.999	1.000	0.00
22	3	5	0.00077	3.003	1.665	66.47
23	5	3	0.00079	5.002	0.600	-40.02
24	4	4	0.00094	4.002	0.999	-0.05
25	18	10	0.00060	17.995	0.556	-44.43
26	8	12	0.00053	8.002	1.500	49.97
27	7	9	0.00068	7.001	1.286	28.55
28	9	6	0.00074	8.999	0.667	-33.33

하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 충북도내 무인신호위반단속장비가 설치된 28개 교차지점의 설치 전·후 사고자료와 기하구조자료를 수집하여 연구한 주요 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 무인신호위반단속장비 28개 지점의 설치 전·후 각각 1년간의 교통사고 자료를 단순 분석한 결과, 전체 교통사고건수는 설치 전 429건 발생하였고 설치 후 340건 발생하여 전체사고건수 감소는 20.74%로 나타났다.

둘째, 무인신호위반단속장비가 설치된 교차지점의 SPF모형을 구축하였다. 모형에 사용된 독립변수는

교통량, 유출부 연결로수 및 부도로 황색시간이며, 구축된 포아송 회귀모형의 독립변수들은 신뢰수준 90% ($\alpha=0.10$) 기준에서 모두 유의하며, 우도비(ρ^2)도 0.409로 나타나 매우 적합한 모형으로 판단된다.

셋째, 설치 전·후 사고감소효과를 분석한 결과, 무인신호위반단속장비 설치에 따른 95% 신뢰수준에서의 사고감소 효과는 최소 3.89%, 최대 29.23% 범위 내인 것으로 분석된다.

이 연구는 장래 무인신호위반단속장비의 설치지점 선정기준 정립 및 운영 효율성 증진방안수립에 도움이 될 것으로 판단된다. 아울러 장래 무인신호위반단속장비 설치 전·후의 사고유형별 변화를 반영한 연구나 설치 전·후라는 더미변수를 활용한 분석 등이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] R. P. Maccubbin, B. L. Staples, and A. E. Salwin, *Automated enforcement of traffic signals: A literature review*, Federal Highway Administration, Final Report, Aug. 2001.
- [2] R. A. Retting, R. G. Ulmer, and A. F. Williams, "Prevalence and characteristics of red light running crashes in the United States," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 31, no. 6, pp. 687-694, Nov. 1999.
- [3] D. E. Ruby and A. G. Hobeika, "Assessment of red light running cameras in Fairfax County, Virginia," *Transportation Quarterly*, vol. 57, no. 3, pp. 33-48, Jan. 2003.
- [4] 도로교통공단, *신호위반 단속시스템 운영에 따른 교차로 교통사고 유형분석연구*, 2004.
- [5] 김명석, *무인다가능단속시스템 설치 전·후 교차로 교통사고 발생특성에 관한 연구*, 서울산업대학교대학원 석사논문, 2006.
- [6] 김형준, 김태영, 박병호, "무인신호위반단속장비 설치에 따른 교통사고 특성 및 모형," *대한교통·도시계획학회지*, 제44권, 제2호, pp. 161~170, 2009. 4.
- [7] 오홍운, 장정화, "노면요철포장으로 인한 사고감소 효과," *한국도로학회 논문집*, 제9권, 제4호, pp. 65~74, 2007. 12.
- [8] 박민호, 박규영, 장일준, 이수범, "중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석," *대한교통학회지*, 제24권, 제2호, pp. 113~124, 2006. 4.
- [9] 이수범, 정도영, 김도경, "토지이용 특성별 어린이 보호구역 개선사업의 교통사고 감소효과 분석," *대한교통학회지*, 제26권, 제3호, pp. 109~117, 2008. 6.

저자소개



김 태 영 (Kim, Tae-Young)

2005년 2월 : 충북대학교 도시공학과 (공학사)
 2005년 3월~2007년 2월 : 충북대학교 도시공학과 도시시스템 및 교통공학 (공학석사)
 2007년 3월~2009년 2월 : 충북대학교 도시공학과 도시시스템 및 교통공학 박사과정 수료



박 병 호 (Park, Byung-Ho)

1976년 7월~1981년 6월 : KAIST/RDRI 연구원
 1981년 6월~1983년 8월 : 국토연구원 연구원
 1987년 5월 : 미국 펜실베이니아대학 도시 및 지역계획학 박사
 1987년 7월~1990년 2월 : 한국교통연구원 철도항공연구실장
 2002년 4월~2003년 1월 : 충북대학교 교육연구처장
 1990년 2월~ : 충북대학교 도시공학과 교수