신호위반 건수를 이용한 신호위반 단속카메라의 효과평가

Evaluation the Effectiveness of Red Light Cameras on Red-Light-Related Violations

김용석 손영식 안세영

서론

신호위반 단속카메라 설치의 궁극적인 목표는 교통사고감소이기 때문에 단속카메라의 효과를 평가하기 위한 요소는 교통사고 건수가 가장 적절할 것이다. 그러나 교통사고를 이용한 효과평가는 비교적 장기간에 걸쳐 발생한 자료를 사용하므로 평가기간이 길다는 단점이 있다. 이러한 경우의 대용물로 다른 척도를 사용할 수 있는데 대표적인 것이 신호위반 감소이다. 단기간에 설치효과를 평가하여 카메라 설치확대 여부를 결정하기 위해서는 신호위반을 활용하여 평가하는 방법을 고려할 수 있다.

본 연구에서는 2008-2011년 전라북도에 설치된 신호위반 단속카메라 24개소를 대상으로 카메라 설치 후 시험운영(계도)기간 20일을 사전기간(Before)으로 하고 설치 후 1개월, 그 후에는 3개월마다를 사후기간(After)으로 하여 설치기간 변화에 따른 신호위반 건수를 평가하였다.

신호위반 단속카메라 효과평가 문헌 고찰

김상엽은 서울, 경기 30개 지점에서 신호위반 단속카메라 설치 전·후 1년간 신호위반 건수를 비교하여 설치 전 465(건/년/지점)에서 설치 후 2,422(건/년/지점)으로 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 설치 전 자료는 경찰의 직접 단속건수를, 설치 후는 카메라에 의해 24시간 측정된 건수를 사용하였기 때문에 단속방법 측면에서 적절한 비교가 이루어졌다고 하기 어렵다. 그러므로 연구에서는 카메라 설치 후 매월 신호위반 건수변화를 비교하여 설치효과를 판단했다. 그림 1을 보면 단속카메라 설치 후 신호위반 건수는 시간이 지남에 따라

김용석 : 도로교통공단 전북지부, kimys@koroad.or.kr, Phone: 063-281-6140, Fax: 063-281-6172
손영식 : 도로교통공단 전북지부, s9091@koroad.or.kr, Phone: 063-281-6121, Fax: 063-281-6173
안세영 : 가천대학교 교통안전연구실, rodrodtm@gc.gachon.ac.kr, Phone: 031-750-5280, Fax: 031-750-8951

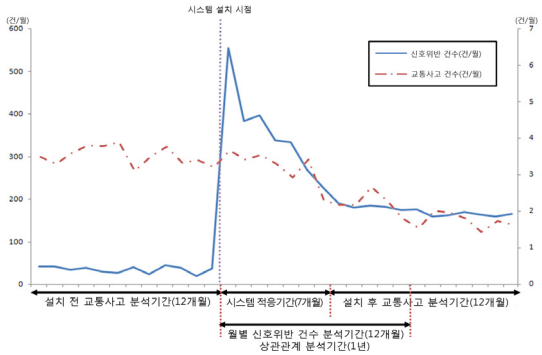

그림 1. 카메라 설치 전·후 신호위반 및 교통사고 변화

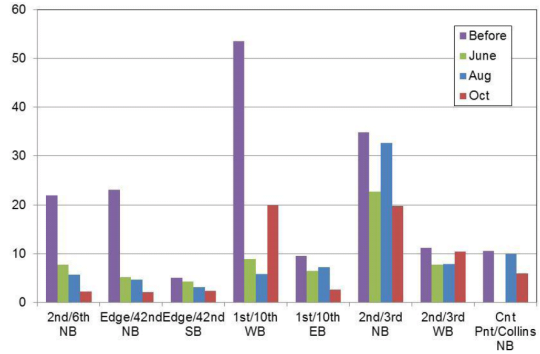

그림 2. 카메라 설치후 신호위반율 변화

감소하였는데 약 7개월이 되면 신호위반 건수가 일정수준을 유지하는 것으로 나타났다.

Anne 등(2013)은 버지니아의 Arlington Country에서 신호위반 단속카메라 설치 지점 4개소, 같은 지역에서 카메라 미설치 유사지점 4개소(동일 노선 2개소, 다른 노선 2개소), 타 지역의 카메라 미설치 유사지점 4개소에 대한 신호위반율을 비교하였다. 분석결과, 신호위반 단속카메라가 설치된 지점에서 설치 1년 후 적색신호로 변한 뒤 적어도 0.5초, 1.5초 후에 일어난 신호위반이 각각 -39%, -86%로 통계적으로 유의하게 감소하였다. 적색신호로 변한 후 1초 후에 일어나는 위반 결과는 -48%였지만 통계적으로 중요한 의미를 가지지 못했다. 같은 지역의 동일노선에 카메라 미설치 지점에서는 적색신호로 변화된 후 신호위반이 감소되었지만 통계적으로는 중요한 의미를 갖지 못했으며, 타 지역의 카메라 미설치 지점은 신호위반이 증가하였다. 카메라가 설치된 지점에서는 신호위반에 대하여 유의성 있는 감소를 보였으며, 같은 지역 동일노선상의 지점에서는 Spillover Effect[1]가 있는 것으로 나타났다.

Shauna 등(2011)은 Iowa에 설치된 신호위반 단속카메라 8개소에 대해서 카메라 설치 후 계도기간 30일을 사전기간(Before)으로 하고, 설치 후 3개월 후인 6월을 시작으로 8월, 10월을 사후기간(After)으로 하여 24시간의 자료를 바탕으로 1만 대당 신호위반율을 평가하였다. 전·후 신호위반율 변화의 통계적 유의성을 검증하기 위해서 일반적으로 사용하는 Z-test를 사용하였으며 신뢰도는 90%(α=0.1)를 이용하였다. 그림 2와 같이 전반적으로 신호위반율이 감소하는 결과를 보였는데 사후기간인 6월에는 16-83%, 8월 16-83%, 10월 7-91%가 감소하였다.

Al Janahi(2007)는 바레인의 신호교차로에 설치된 단속카메라를 평가하기 위해서 평가그룹을 세 가지로 나누었다. 첫 번째는 카메라가 설치된 접근로, 두 번째는 같은 교차로지만 카메라가 설치되지 않은 접근로, 세 번째는 카메라가 설치되지 않은 다른 교차로의 접근로이다. 이들 그룹에서 아침 첨두(7:00-8:00), 오후 첨두(14:00-15:00), 야간(21:00-22:00)에 통행한 차량과 신호위반율을 조사하였다. 첫 번째 그룹과 세 번째 그룹의 신호위반을 비교한 결과 66-84%의 차이를 보였으며, Z-test에서 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다. 두 번째 그룹과 세 번째 그룹은 약간의 감소는 있었지만 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 카메라가 신호위반율을 감소시키는 효과가 있으며, 감소율은 시간대별로 다르게 나타나고 있고 특히 첨두시간에 효과가 높게 나타났다.

Richard 등(1999)은 California Oxnard의

1) 어느 한 지역의 효과가 그 지역을 넘어서 타 지역이나 주변까지 영향을 주는 현상을 지칭하며, 신호위반 단속카메라에서는 카메라가 설치된 접근로 외에도 타 접근로, 또는 인접교차로, 인접지역까지 운전자의 운전특성(속도감소, 신호위반 감소 등)에 영향을 주는 것이라 할 수 있다.

14개 교차로(설치지점 9개소, 미설치지점 3개소, 제어지점 2개소)에서 신호위반 단속카메라의 효과를 신호위반율로 평가하였다. 미설치지점은 같은 지역에 위치하였으며 설치지점의 신호위반 단속카메라가 미설치지점에서도 운전자의 행동특성을 변화시키는지 즉, Spillover Effect의 여부를 파악하기 위해 선정이 되었다. 제어지점은 신호위반에 영향을 주는 요인(날씨, 계절 변동성 등)을 통제하기 위하여 선택되었다. 전체 신호위반율은 설치지점에서 40%, 미설치지점에서 50%가 감소되었고, 제어지점은 거의 변화가 없었다. 미설치지점에 대한 설치지점의 분산분석 결과 신호위반율 감소사이에는 통계적인 중요한 차이는 없는 것으로 나타났다. 반면 제어지점에 비교한 설치지점과 미설치지점에서 위반율 감소사이에는 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다.

Shauna 등(2007)은 Iowa주 Clive에서 2006년에 설치된 4개의 교차로 6개 접근로와 설치지점과 유사한 특성을 가지는 7개 지점을 이용하여 신호위반 단속카메라의 효과를 평가하였다. 사고감소를 효과척도로 하여 평가를 하는 것이 이상적인 방법이지만 사후기간이 짧은 관계로 신호위반율을 대상으로 하였다. 설치지점과 제어지점에서 신호위반을 비교하는 현황적 분석(Cross-sectional analysis)을 수행하여 효과를 평가하였고, 일반화선형모형(Generalized Linear Model)을 이용하여 신호위반 차이의 통계적인 유의성을 조사하였다. 설치지점은 제어지점보다 위반건수가 적었으며 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 카메라가 설치된 지점은 예상되는 신호위반율이 첨두시간(2시간)에 0.4건/200대인 반면에 제어지점은 9.3건/200대인 것으로 나타나 약 25배의 차이가 나타나는 것으로 나타났다.

신호위반 단속카메라 효과평가

본 연구에서는 2008-2011년 전라북도에 설치된 신호위반 단속카메라 24개소를 대상으로 카메라 설치 후 시험운영(계도)기간 20일을 사전기간(Before)[2]로 하고 설치 후 1개월, 그 후에는 3개월마다를 사후기간(After)으로 하여 신호위반 건수 감소효과를 평가하였다.

운영기간에 따른 신호위반 건수는 시험운영기간(계도기간)에 맞추어 환산하였으며 표 1과 같다. 신호위반 건수는 시험운영기간에 11,745건에서 단속이 이루어지기 시작한 후에는 지속적으로 단속건수가 감소하여 설치 후 1년이 지난 시점에서는 2,105건으로 82.1%가 감소하였다.

설치 전·후의 신호위반 건수가 통계적으로 유의

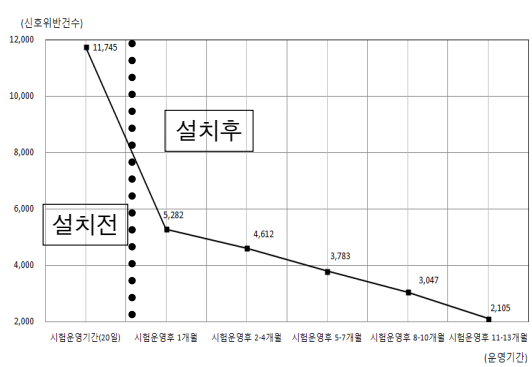

그림 3. 운영기간에 따른 신호위반 건수변화

표 1. 운영기간에 따른 신호위반 건수

사전	사후				
시험 운영(20일간)	운영후 1개월	운영후 2-4개월	운영후 5-7개월	운영후 8-10개월	운영후 11-13개월
11,745	8,165	20,754	17,024	13,712	9,474
	5,282*	4,612*	3,783*	3,047*	2,105*

* 시험운영 20일간으로 환산건수

2) 카메라 설치전 신호위반건수의 자료취득이 어려워 설치후 계도기간을 사전기간으로 하였다. 이러한 문제로 인해 외국에서도 비슷한 방법을 사용한 전례가 있다[Shauna at el (2011)].

한가에 대해서 두 집단의 평균비교를 통한 가설 검증을 하였다. 현재 표본수가 적어 모집단의 분포가 정규분포를 따른다고 보기 어려울 수 있으므로 유의성 여부를 검정을 하기 전에 정규성 검정(Normality Test)[3]을 하였다. 검정결과 표 2와 같이 Shapiro-Wilk Test에서는 유의확률이 0.05보다 적어 전부 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났으며, Kolmogorov-Smirnov Test는 에서는 '시험운영 후 8-10개월'과 '시험운영 후 11-13개월'만 정규분포를 이루고 나머지는 정규분포를 따르지 않는 것으로 분석됐다.

대응하는 집단 중 하나라도 정규분포를 따르지 않을 경우 비모수 검정을 실시한다. 본 연구에서는 대응하는 사전건수가 정규분포를 따르지 않으므로 비모수 검정을 실시하였다. 검정방법은 마이크로와 매크로한 표본범위에 따라 대응표본과 비대응표본에 대한 검정으로 분석방법을 달리할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 단속시스템 설치 전후 통과하는 전북지역의 차량을 대상으로 분석하기에 매크로한 범위의 표본으로 판단하여 비대응표본을 가정하고 검정을 실시하였다.

윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. 이는 같은 모집단에서 추출된 두 표본의 중앙값을 비교하고자 할 경우 사용되는 비모수검정의 통계방법이다.

사전건수와 운영기간별 사후건수를 비교한 윌콕슨 부호 순위 검정결과는 표 3과 같으며, 모두 H^0를 기각[4]하는 결과가 나타나 신호위반 단속카메라가 신호위반 감소에 영향을 미친 것으로 분석되었다.

결론

본 연구는 2008-2011년 전라북도에 설치된 신호위반 단속카메라 24개소를 대상으로 효과를 평가하였다. 교통사고를 이용한 효과평가는 비교적 장기간에 걸쳐 발생한 자료를 사용하므로 평가기

표 2. 정규성 검증

구분	Kolmogorov-Smirnova Test			Shapiro-Wilk Test		
	통계량	자유도	유의확률	통계량	자유도	유의확률
시험운영	.278	24	.000	.739	24	.000
운영후 1개월	.202	24	.012	.835	24	.001
운영후 2-4개월	.231	24	.002	.708	24	.000
운영후 5-7개월	.255	24	.000	.720	24	.000
운영후 8-10개월	.121	24	.200	.863	24	.004
운영후 11-13개월	.161	24	.112	.903	24	.025

표 3. Wilcoxon signed rank test 결과

구분	사전: 사후 1개월	사전: 사후 2-4개월	사전: 사후 5-7개월	사전: 사후 8-10개월	사전: 사후 11-13개월
Z	-3.514[a]	-4.229[a]	-4.200[a]	-4.086[a]	-4.200[a]
근사 유의확률 (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000

a. 양의 순위를 기준으로.

3) 정규성 검정을 하는 이유는 각종 통계기법의 통계량들의 산출수식이 만들어 졌으므로 정규성이 확인되지 않은 데이터의 분석결과는 신뢰할 수 없는 결과를 나타낼 수 있기 때문이다. 정규성을 검정하는 방법은 여러 가지가 있는데 가장 일반적으로 Shapiro-Wilk Test와 kolmogorov Smirnov Test를 사용한다.

4) 검정에 사용된 가설은 다음과 같다.
H^0 : 신호위반단속카메라 설치 전·후의 신호위반 건수의 차이가 없다.
H^1 : 신호위반단속카메라 설치 전·후의 신호위반 건수의 차이가 있다.

간이 길기에 대용물로서 카메라 설치 전 · 후 신호위반 건수를 이용하였다.

카메라 설치후 시험운영기간 20일을 사전기간(Before)으로 하고, 설치 후 1개월과 그 후 3개월마다를 사후기간(After)으로 설정하여 신호위반 빈도를 평가하였다. 시험운영기간(20일)에 11,745건의 신호위반 단속이 이루어졌으나, 시간이 지날수록 지속적으로 단속건수가 감소하여 설치 후 1년이 지난 시점에서는 2,105건으로 82.1%나 감소하였다.

또한 신호위반 감소의 통계적 유의성 여부를 판단하기 위해 비모수적 검정방법인 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. 모집단에서 추출된 두 표본의 중앙값을 비교한 결과, 단속카메라가 신호위반 감소에 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

김상엽 외 (2011), 신호위반 단속시스템 설치에 따른 교통사고 감소 효과와 편익산정 기법 연구, 한국 ITS학회, 5-6.

Abdulraham Al Janahi (2007), Evaluation of Red Light Camera Enforcement at Signalized Intersection, The Journal of Engineering Research, 4.

Anne T. McCartt, Wen Hu (2013), Effect of Red Light Camera Enforcement on Red Light Violation in Arlington Country, Virginia, IIHS.

Richard A. Retting (1999), Evaluation of red light camera enforcement in Oxnard, California, ACCIDENT ANALYSYS & PREVENTION.

Shauna Hallmark, Nicole Oneyear, and Tom McDonald (2011), Evaluationg the Effectiveness of Red Light Camera Enforcement in Cedar Rapid and Developing Guidelines for Selection and Use of Red Right Running Countermeasures, Midwest Transportation Consortium.

Shauna Hallmark, Thomas McDonald, Eric J. Fitzsimmons, Massiel Orellana, David Matulac (2007), The Effectiveness of Iowa's Automated Red Light Running Enforcement Programs, the Iowa Department of Transportation.