

■ 論 文 ■

# 자동과속단속시스템의 교통안전개선 메커니즘 분석

Analysis of the Mechanism of Automated Speed Enforcement Systems on Traffic Safety

강 정 규

(도로교통안전관리공단  
교통과학연구원 수석연구원)

현 철 승

(도로교통안전관리공단  
교통과학연구원 연구원)

오 세 리

(U. C. Urvine  
박사과정)

## 목 차

I. 서론	1. 개요
1. 연구배경 및 목적	2. 설치 전후의 변화
2. 연구범위 및 방법	3. 설치지점 속도 공간분포
II. 자동단속시스템 도입배경 및 효과	IV. 교통류 특성과 교통안전과의 관계
1. 속도와 교통안전	1. 조사 지점 선정 및 변수 선정
2. 해외 자동과속단속시스템 현황 및 사고감소 효과	2. 변수간 상관관계 분석 및 변수 선택
3. 국내 자동과속단속시스템 현황 및 안전도 개선 효과	3. 결과 분석
III. 자동교통단속시스템 운영에 따른 교통류 특성 변화	V. 결론 및 제언
	1. 결론
	2. 제언
	참고문헌

## 요 약

본 연구의 목적은 국내에 설치가 확대되고 있는 자동과속단속시스템의 교통안전 개선 메커니즘을 밝히자는 것이다. 이를 위해서 첫째, 시스템 운영이 교통류 특성에 미치는 영향을 분석하고, 둘째, 교통류 특성 변수와 안전도와의 모형을 설정하였다. 1997년부터 운영된 32대 시스템의 1년간 운영효과를 분석한 결과 교통사고 28%, 사망자수 60%가 감소한 것으로 나타났다. 시스템 설치지점의 교통류 특성변화를 분석한 결과 평균속도, 속도분산, 짧은 차두시간 비율 등의 변수가 현저하게 감소하였다. 교통사고빈도와 교통류 특성 변수간의 회귀모형을 설정한 결과 평균속도, 속도분산, 과속교통량이 유의한 설명변수로 나타났다. 따라서 자동과속단속시스템의 교통안전도의 개선 메커니즘은 (1)단속시스템 도입→(2)교통류 특성 개선→(3)안전도개선이란 과정에 의하여 달성된다는 가설을 입증하였다. 본 연구는 ITS의 도입이 교통안전에 미치는 효과를 계량적으로 평가할 수 있는 토대가 될 것이며 동적 교통안전(operational traffic safety)이란 측면에서 교통안전 연구에 대한 새로운 시각을 제공하는데 의의가 있다고 하겠다.

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

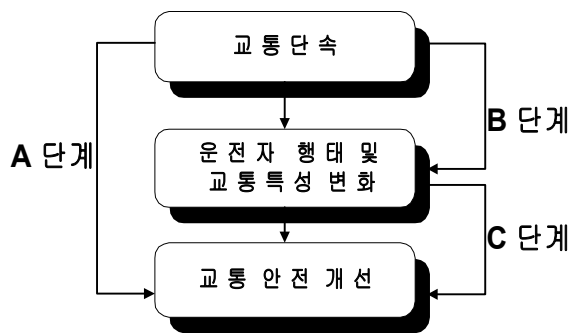
과속은 직·간접적으로 교통사고 발생원인의 높은 비율을 점유하고 있으며 차량의 주행속도가 높을수록 교통사고 피해는 기하급수적으로 증가한다. 과속사고를 방지하는데 비용/효과 측면에서 단속이 가장 효과가 높은 대안으로 알려져 있으나 인력에 의한 단속은 적발율이 떨어지고, 위험하며, 단속에 대한 시비조차 끊이지 않고 있는 실정이다. 따라서 인력에 의한 과속단속 업무를 자동화시킨 자동과속단속시스템이 활발하게 도입되고 있다. 자동과속단속시스템의 종류나 기능은 다양하지만 기본적으로 차량의 속도를 측정하여 과속으로 판정되면 차량과 차량번호판, 그리고 운전자를 촬영한 뒤 차적을 확인하여 벌금 고지서를 발부하는 역할을 자동으로 수행하는 장비라고 정의할 수 있다. 자동시스템을 이용한 과속단속은 인력에 의한 단속과 비교하여 볼 때 다음과 같은 장점들이 있다. 첫째, 특정차량이 아닌 무차별적인 과속차량의 적발이 가능하고, 둘째, 과속단속에 대한 신뢰성이 높으며, 셋째, 단속인력 절감과 안전한 단속업무수행이 보장된다는 점이다. 이러한 이유로 지난 25년 동안 전 세계적으로 40개국 이상에서 다양한 자동과속단속시스템이 사용되어 왔다. 국내에 설치된 시스템 역시 과속교통사고의 방지에 탁월한 효과를 발휘하는 것으로 밝혀지고 있다. 금년 말까지 국내에 약 300대에 달하는 자동과속단속시스템이 도입될 전망이어서 규모나 진행속도 면에서 국내 지능형교통시스템(ITS) 시장의 중요사업으로 떠오르고 있다. 그 동안 제한적인 평가결과에 의하면 자동과속단속시스템은 치명적 사고를 줄이는데 상당한 효과를 발휘하고 있다. 이는 첨단장비를 활용한 단속이 운전행태에 영향을 미쳐 그 결과 사고가 감소하는 것으로 추론되나, 명백한 인과관계의 규명은 아직 밝혀지지 못하고 있다. 첨단시스템의 도입을 확대하고 효과를 높이기 위해서는 이들 시스템이 소통이나 안전도를 개선시키는 근본 메커니즘에 대한 연구가 필수적으로 이루어져야 한다. 그러나 아직 국내에서는 이러한 연구가 전혀 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 최근 국내에 확대되고 있는 자동과속단속시스템의 교통안전개선 메커니즘을 밝히고자 한다. 아울러 첨단기술의 도입이 교통안전에 미치는 효과를 평가하는 방법론을 제시하고자 한다.

## 2. 연구범위 및 방법

본 연구에서는 1997년 국내에 설치된 고정식과속단속시스템을 중심으로 시스템의 설치 전/후에 대한 교통사고율의 변화를 분석한다. 또한 시스템의 설치에 따른 속도의 시계열 변화 및 공간적 변화를 추적하여 자동과속단속시스템의 도입이 교통류 특성에 미치는 영향을 분석한다. 마지막으로 교통류 특성과 교통안전과의 관계를 표현하는 수리모형을 정립한다. 본 연구를 수행하는데 일관되게 적용된 가설은 다음과 같다.

- ① 자동과속단속시스템은 운전자의 위험행위를 감소시킨다
- ② 운전자의 위험행위는 제한속도를 위반하는 과속, 속도분산, 차두시간 등의 교통류 특성 변수로 계량화가 가능하다
- ③ 교통류 특성변수 값의 변화는 사고발생에 영향을 미친다
- ④ 따라서 자동과속단속시스템이 안전도개선에 미치는 과정은 “단속→교통류특성 변화→안전도 개선”에 이르는 일련의 과정으로 세분화할 수 있다. 즉 자동과속단속시스템 도입에 따른 교통안전개선 메커니즘은 다음 그림과 같이 개념지을 수 있다.



<그림 1> 교통단속이 교통안전에 미치는 영향 개념도

## II. 자동교통단속시스템 도입배경 및 효과

### 1. 속도와 교통안전

각국의 연구에 의하면 과속은 모든 도로교통사고의 원인 가운데 25%~35%를 차지하며, 특히 고속도로 교통사고의 원인 가운데 약 50%를 차지하고 있다 (Gambard et al. 1997). 속도위반으로 인한 사고는 무엇보다 그 피해나 위험도가 심각하다는데 있으며 평균속도가 높을수록 사망률이 올라간다는 것은 잘 알려진 사실이다. <표 1>은 최근 5년 동안 국내에서 발생한 사망사고의 원인을 분류한 것으로 전체 교통사고의 평균치사율보다 속도위반 사고의 치사율이 5배 이상 높다는 것을 알 수 있다.

평균속도 이외에 사고발생에 밀접한 영향을 미치는 척도로 속도분산을 들 수 있다. 속도분산이 낮을수록 보다 균일한 속도분포를 나타내며, 속도분산이 커질수록 차량간의 상호작용이 증가하여 사고 위험도가 증가한다(Liu and Popoff, 1997). 따라서 속도 단속의 목표는 규정속도를 준수시킬 뿐만 아니라 속도

분포를 균일하게 유도하여 사고 위험도를 줄이자는 것이라 할 수 있다.

<표 1> 국내 자동차교통사고 치사율 비교('92~'96)

구분	년도	'92	'93	'94	'95	'96
전체교통사고		4.1	3.6	3.4	4.1	4.3
속도위반사고		21.6	21.1	20.2	21.9	23.0

### 2. 해외 자동과속단속시스템 현황 및 사고감소 효과

자동교통단속시스템은 무인카메라 및 주행차량 자동인식(AVI) 기술 등을 활용하여 속도위반, 차로이용위반, 신호위반, 적재중량위반, 배기가스단속, 요금징수위반 등 각종 교통법규 위반차량을 자동으로 단속하는 체계이다. 이 가운데 자동과속단속시스템이 가장 널리 채택되고 있으며 현재 전세계적으로 40개국 이상에서 다양한 시스템을 사용하고 있다. 대표적인 자동과속단속시스템의 도입효과는 속도위반의 감소와 이에 따른 교통사고와 사망자의 감소로서 <표 2>는 각국의 안전도 개선효과를 요약한 것이다.

<표 2> 국가별 과속단속시스템 도입에 따른 안전도 개선효과

도입 지역	년 도	도입 효과
호주 빅토리아주	1992년	· 사망 30%, 부상 21%, 사고건수 16% 감소 · 과속비율이 23%에서 11%로 감소
독일 아우토반 (Elzer Berg 지역)	1973년	· 사고건수가 설치전 183건에서 설치후 45건으로 감소 · 초기 단속건수 134,000건/년에서 22,000건/년까지 하락
영국	1991년	· 사망 92%, 부상 29%, 사고건수 22% 감소 · 과속비율 97% 감소
네델란드	1993년	· 부상 25%, 사고건수 15% 감소 · 과속비율이 35%(야간 70%)에서 3%로 감소
노르웨이	1993년	· 인명피해사고 20%, 물피사고 12% 감소

### 3. 국내 자동과속단속시스템 현황 및 안전도 개선 효과

#### 1) 현황 및 시스템 구성

자동교통단속시스템(Automated Traffic Enforcement System)은 1997년 확정된 지능형교통시스템 국가기본계획에서 첨단교통관리체계(ATMS)의 중요 서비스로 선정되어 있다. 자동교통단속시스템은 무인카

메라 및 주행차량 자동인식(AVI) 기술 등을 활용하여 속도위반, 차로이용위반, 신호위반, 적재중량위반 등 각종 교통법규 위반차량을 자동으로 단속하는 체계이다. 현재 국내에는 속도위반단속시스템은 경찰청이, 버스전용차로위반시스템은 지자체에서 관할하고 있다. 1999년까지 국내에 설치가 완료될 자동교통단속시스템은 고정식과속단속시스템 약 360대, 이동식과속단속시스템 약 400대, 버스전용차로단속시스템

67대 등 총 600대에 달할 전망이다(<표 3>참조).

현재 국내에 설치되고 있는 자동과속단속시스템은 지역제어장치, 통신장치, 중앙관제장치로 구성되어 있다. 지역제어장치에서는 차량속도를 측정하여 과속으로 판정시 카메라에 신호를 보내고 촬영하며, 번호판을 자동으로 판독하는 기능을 수행한다. 지역제어장치와 중앙관제장치간에는 전용회선을 사용하여 위반차량의 번호판과 영상자료 및 시간, 속도 등 관련 정보를 전송한다. 중앙관제장치는 지역제어장치에서 전송된 위반차량의 데이터를 수신하여 차적조회를 거쳐 범칙금고지서를 발부하는 기능을 수행한다. 이외에 통신선로상의 이상 유무, 지역제어장치 상태를 원격 제어를 통하여 감시한다.

<표 3> 국내 자동과속단속시스템 현황(1999년)

시스템 종류	총대수	비 고
과속단속시스템 (고정식)	약 360대	'98년 구매분 100대 포함 '99년 구매분 100대 포함
과속단속시스템 (이동식)	약 400대	'98년 구매분 165대 포함 '99년 구매분 100대 포함
버스전용차로단속시스템	서울 : 49대 부산 : 12대 부천 : 4대 고속도로 : 2대	서울 : 수거식미운영 20개소 포함 부산 : 30대로 확장 예정

2) 안전도 개선 효과

지난 1997년 4월 1일부터 설치 운영되고 있는 5개 지방경찰청 관내에 설치된 32개 지점에 대한 따른 사고감소효과를 평가하기 위해서 지역제어장치 설치 지점을 중심으로 2km 구간(전방 1km, 후방 1km)을 영향권으로 설정하였다. 조사기간은 시스템 설치 전인 1996년 4월 1일부터 1997년 3월 31일, 시스템 설치 후는 1997년 4월 1일부터 1998년 3월 31일까지 각 1년으로 설정하였으며 시스템 설치 전·후의 교통사고 발생건수와 사망자 수를 비교하였다. 교통사고발생건수는 시스템 설치전 801건에서 설치후 576건으로 28% 감소하였으며, 사망자수는 설치전 107명에서 설치후 43명으로 60%나 감소한 것으로 분석되었다. 이들 32개 지점의 연간 단속실적은 총 502,303건으로 대당 1일 평균 43건이었다.

<표 4>는 지역별 통계를 나타낸 것으로 교통사고건수와 사망자수가 특정지역에 국한되지 않고 전

국에 걸쳐서 골고루 감소하고 있다. 특히 교통사고 건수의 감소율보다 사망자수 감소율이 훨씬 더 높아 자동과속단속시스템 도입의 주요효과가 과속으로 인한 치명적 교통사고 예방에 있다는 것을 알 수 있다.

<표 4> 시스템 설치 전/후 교통사고 건수/사망자수 감소

지방청	설치전			설치후			감소율(%)	
	교통사고건수	사망자수	건당 사망자수	교통사고건수	사망자수	건당 사망자수	교통사고건수	사망자수
경기청	174	13	0.075	126	1	0.008	28	92
충남청	108	12	0.111	97	8	0.082	11	34
전남청	176	18	0.102	105	6	0.057	40	67
경북청	277	50	0.181	211	23	0.109	24	54
경남청	66	14	0.212	37	5	0.135	44	64
계	801	107		576	43		28	60

III. 자동과속단속시스템 운영에 따른 교통류 특성 변화

1. 개요

본 장에서는 자동과속단속시스템이 도입됨에 따라 평균속도, 속도분산, 차두시간 등으로 표현되는 교통류 특성 변수에 어떤 변화가 발생하는지를 분석한다. 이를 위하여 다음과 같이 조사지점을 선정하여 자료를 수집하였다.

- 자료수집 지점 : 1997년도 4월 1일 가동을 시작한 32개 지점 및 1998년 신설 지점
- 수집자료
  - 교통사고자료 : 설치지점 전후 2km 구간에서 2년 동안 (1996. 4. 1~1998. 3. 31) 발생한 교통사고자료
  - 교통류 특성자료 : 자유교통류 상태에서 단속지점을 통과하는 차량에 대한 차로별 속도 및 차두시간 (time headway)
- 자료수집 방법 : 비디오 카메라를 이용한 지점속도 조사

- 속도측정 방법 : 시험대상 차로상 8-10m 떨어진 2개 지점을 선정하여 비디오로 통과차량을 촬영한 뒤 차량의 속도를 분석 (지점 당 200대 이상)촬영된 자료에 대하여 다음과 같은 분석을 시행하였다.
- 시스템설치 전후의 평균속도 변화 및 속도위반비율 분석
- 시스템설치 전후의 차두시간간격 분석
- 단속 영향권에 대한 속도의 공간분포 분석

2. 설치 전후의 변화

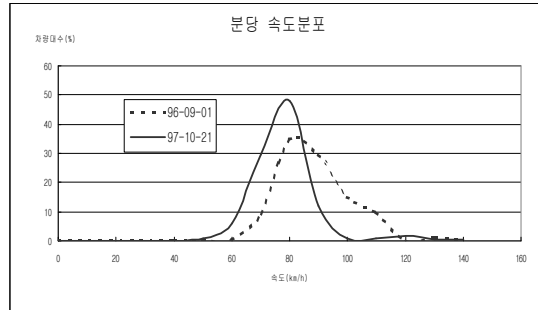
자동과속단속시스템의 도입에 따른 속도 변화를 분석하기 위하여 경기도 분당-내곡간 도시고속화도로에 설치된 시스템과 경기도 의정부 43번 국도에 설치된 시스템을 조사대상으로 선정하였다. 의정부 지점은 19997년 11월에 운영이 시작되어 설치 전후 1달간의 간격으로 자료를 수집하였다. 분당의 경우 설치 전인 1996년 9월과 설치 후 약 1년이 경과한 1997년 10월의 자료를 수집하였다.

<표 5> 조사 대상지

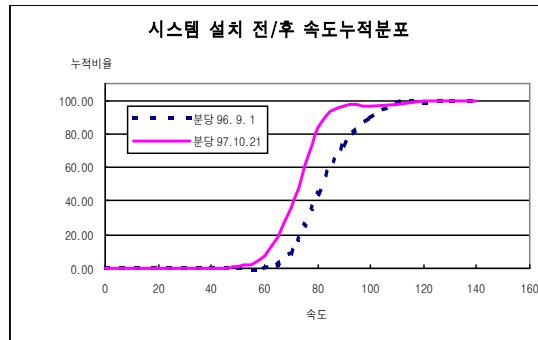
조사지점	조사일(설치전)	조사일(설치후)
경기도 분당	1996년 9월	1997년 10월
경기도 의정부	1997년 10월	1997년 11월

<그림 2>와 <그림 3>은 경기도 분당 시스템 설치지에서 설치 전('96년 9월)·후('97년 10월)의 속도분포를 나타낸 것이다. 평균속도가 설치전 85.4Km/시에서 설치후 73.4km/시로 감소하였으며, 속도분산도 설치전 205.4에서 설치후 131.2로 크게 감소한 것을 알 수 있다. 특히 설치전의 속도분포가 고속범위에 치중되었으나 설치이후에는 평균속도를 중심으로 정규분포를 이루는 것을 알 수 있다.

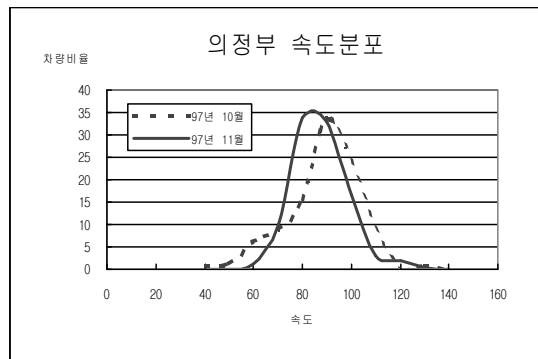
<그림 4>와 <그림 5>는 경기도 의정부 시스템 설치지에서 설치 전('97년 10월)·후('97년 11월)의 속도분포를 나타낸 것이다. 평균속도가 설치전 83.7Km/시에 설치후 82.1km/시로 경미하게 감소한 반면, 속도분산은 설치전 220.8에서 설치후 147.8로 크게 감소한 것을 알 수 있다. 이는 시스템 운영기간이 짧은데 따른 운전자 인지도가 낮은 것으로 판단된다.



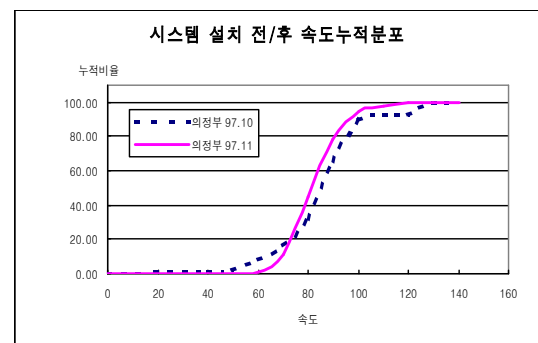
<그림 2> 시스템 설치 전/후 속도분포 변화(분당)



<그림 3> 시스템 설치 전/후 누적속도분포 변화(분당)



<그림 4> 시스템 설치 전/후 속도분포 변화(의정부)



<그림 5> 시스템 설치 전/후 속도분포 변화(의정부)

<표 6> 시스템 설치 전후 속도분포 변화

(제한속도)			60km/h ≤	60~80 km/h	80~100km/h	100km/h ≥	평균속도km/h	분산
분당 (80km/h)	차량 비율(%)	설치전	0.4	43.3	43.8	11.7	85.4	205.4
		설치후	7.2	76.9	12.1	3.0	73.4	131.2
의정부 (80km/h)	차량 비율(%)	설치전	7.3	24.0	56.7	9.3	83.7	220.8
		설치후	1.3	43.7	49.6	5.1	82.1	147.8

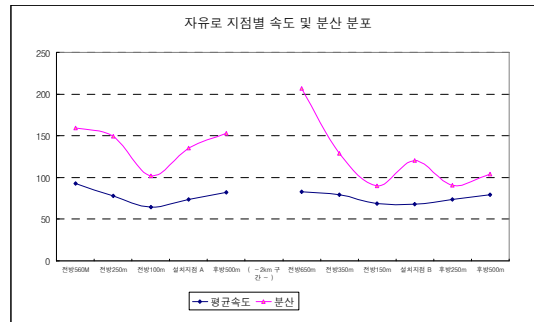
참고로 두 지점 모두 시스템 설치 후 속도분포가 정규분포를 이루어서 교통류 상태가 개선되었으며 속도분산 감소를 F 검정한 결과 95% 신뢰도 수준에서 두 지점의 속도분산이 모두 다 감소되었다.

3. 설치지점 속도 공간분포

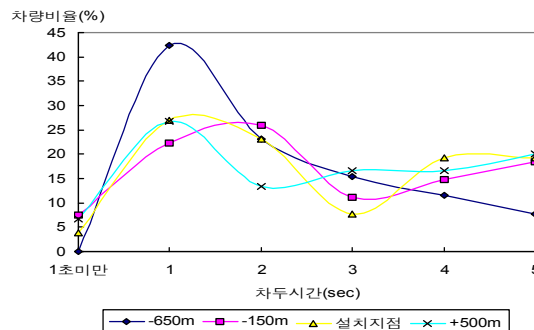
이 분석의 목적은 자동과속단속시스템의 상대적 위치에 따른 교통류 특성 분포를 알아보는 것으로서 자동과속단속카메라의 적정 설치간격이나 운영방안을 설정하는데 기초자료로 활용될 수 있다. 1995년 9월부터 운영이 시작된 경기도 파주군 자유로에 설치된 2개소의 자동단속시스템 주변 12개 지점을 선정하여 지점속도와 차두시간을 측정하였다. <그림 6>은 각 지점의 평균속도분포와 분산을 나타낸 것이다. 먼저 평균속도를 보면 2지점 모두 카메라설치 지점에 근접할수록 속도가 낮아지다가 이를 통과하면 다시 속도가 높아지고 있어서 최소한 카메라 설치지점 근처에서는 뚜렷한 감속효과가 나타나고 있다. 속도분산 역시 평균속도와 유사한 경향을 보이고 있어서 평균속도와 속도분산에는 밀접한 관계를 보이고 있다.

<그림 7>은 두 번째 카메라(설치지점 B)가 설치된 지점 주변 4개소에서 측정된 차두시간 분포를 나타낸 것이다. 카메라 전방 650m 지점에서 1초 이하의 짧은 차두시간의 비율이 대단히 높은 반면에 설치지점 부근에서는 매우 낮은 것을 알 수 있다.

종합적으로 카메라 설치지점에 가까워질수록 과속차량의 비율이 낮아져 평균속도와 속도분산 그리고 짧은 차두시간 비율이 낮아지며 분포 또한 <그림 2>와 같이 정규분포에 가까워지는 것으로 분석된다.



<그림 6> 시스템 설치후 공간 속도분포 변화(자유로)



<그림 7> 시스템 설치후 차두시간 변화(자유로)

IV. 교통류 특성과 교통안전과의 관계

3장에서는 자동과속단속시스템 도입이 교통류 특성에 어떤 변화를 일으켰는가를 분석하였다. 본 장에서는 속도, 차두시간 등으로 표현되는 교통특성 변수들과 교통안전과의 관계를 분석(<그림 1>의 C 단계)한 뒤 이들간의 관계를 설명할 수 있는 수리모형을 정립하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같은 절차에 의해서 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 시행하였다.

- ① 사고발생건수를 종속변수로 설정
- ② 교통류특성 변수를 설명변수로 설정
- ③ 안전도 = 함수 [교통류 특성 변수]로 회귀모형을 정립

1. 조사 지점 선정 및 변수 선정

이 분석에 필요한 자료를 수집하기 위하여 자동과 속도측정시스템이 설치된 경기도 8개 지점, 충남 3개 지점, 전남 4개 지점 등 총 15개 지점을 조사대상으로 선정하였다. 선정기준은 교통혼잡이 없고 조사지점 부근에 신호교차로나 횡단보도, 초소 등 교통 흐름 방해요인이 없어서 연속교통류가 형성되는 지점으로 정하였다. <표 7>에서 지점 4부터 8까지 5개소는 제한속도 80km이상의 고속도로이고 나머지 10개소는 국도이다.

각 지점별로 일평균 교통량자료, 전후 2km 구간에서 조사를 행한 1개월 동안 발생한 교통사고건수를 구하였다. 또한 각 지점에서 비디오 분석을 통하여 속도분포, 차두시간 분포 등 교통류 특성 변수값을 구하였다. 조사자료 신뢰성을 확보하기 위하여 각 지점별 최소 200대의 차량을 분석하였다. <표 8>은 회귀모형에 도입될 변수명과 정의를 나타낸 것이다.

<표 7> 조사 대상 지점

조사대상지	
경기도	1. 가평읍 경춘국도
	2. 남양주 시청앞
	3. 안산일동
	4. 영동고속도로
	5. 분당(96년 8월)
	6. 분당(96년 9월)
	7. 분당(97년 7월)
	8. 분당(97년 10월)
충 남	9. 삼정동
	10. 와동
전 남	11. 연기군 소정면
	12. 광신대교
	13. 노안 (나주방면)
	14. 노안 (광주방면)
	15. 덕진

<표 8> 회귀모형에 도입될 변수의 정의

변수명	정 의
ACF	1개월 동안 발생한 교통사고건수
MSPD	지점의 평균주행속도 (km/h)
SVAR	속도 분산 (km/h) <sup>2</sup>
VOL	교통량
HWL5	차두시간 1.5초 이하 차량 대수
OS20	제한속도 20km/h 이상 초과차량 대수
OS30	제한속도 30km/h 이상 초과차량 대수
OS40	제한속도 40km/h 이상 초과차량 대수

2. 변수간 상관관계 분석 및 변수 선택

<표 9>는 각 변수들간의 피어슨 상관계수를 나타낸 것이다. 이 표에 의하면 변수 ACF(교통사고발생건수)와 SVAR(속도분산), OS30, OS40 변수간에 비교적 높은 상관관계가 있다. 설명변수들 간에는 VOL(교통량) 변수와는 HWL5(0.92), OS20(0.60), OS30(0.58) 간에는 0.5가 넘는 상관관계가 있다.

따라서 회귀모형의 설명변수로 교통사고발생건수와 상관도가 높은 변수들을 선정하되 상호 상관도가 높은 설명변수들은 제거하여 다중공선성 문제를 해결하고자 하였으며 최종적으로 선택된 변수들은 MSPD(평균속도), SVAR(속도분산), VOL(교통량), OS40(제한속도 40km/h 이상 초과교통량) 이다.

<표 9> 도입 변수간 상관분석 결과

	ACF	MSPD	SVAR	VOL	HWL5	OS20	OS30	OS40
ACF	1.00	-0.01	0.84	-0.02	0.05	0.07	0.53	0.61
MSPD		1.00	0.05	0.23	0.22	0.27	0.40	0.37
SVAR			1.00	0.11	0.07	0.07	0.54	0.62
VOL				1.00	0.92	0.60	0.58	0.49
HWL5					1.00	0.72	0.72	0.53
OS20						1.00	0.72	0.52
OS30							1.00	0.89
OS40								1.00

3. 결과 분석

종속변수가 몇 개의 설명변수로 어떻게 설명되는지를 규명하기 위해 모형정산을 시도하였다. <표 10>은 최종 선정된 교통사고발생건수 회귀모형 추정 결과를 요약한 것으로서 ( )안의 숫자는 각 변수의 t-value 이다. 일반적으로 변수변환을 통하여 회귀모형의 설명력을 높이지만 본 연구에서는 교통류 특성변수와 사고건수간의 직관적인 관계파악을 위하여 원래 변수들을 사용하였다.

<표 10> 회귀분석 결과 (교통사고 건수)

종속변수	상수	독립변수				R <sup>2</sup>	F-value
		MSPD	SVAR	VOL	OS40		
ACF-A	-5.329 (-2.913)	-	0.054 (5.877)	-	-	0.69	26.93
ACF-B	1.703 (0.670)	-0.098 (-2.697)	0.045 (5.800)	-	0.067 (2.918)	0.87	22.22
ACF-C	3.290 (1.318)	-0.092 (-3.047)	0.041 (5.661)	-0.003 (-1.731)	0.088 (3.633)	0.90	20.74

먼저 ACF-A 모형은 단지 속도분산(SVAR) 변수만을 설명변수로 채택한 것으로 비교적 높은 모형설명력( $R^2 = 0.69$ )과 매우 높은 변수설명력( $t$ -값 $=5.877$ )을 보이고 있다. 이 모형에서 볼 때 속도분산이 높을수록 교통사고발생 가능성이 높아진다.

ACF-B 모형은 MSPD(평균속도), SVAR(속도분산), OS40 변수들을 채택한 것으로 모형설명력이 매우 높으며( $R^2 = 0.87$ ) 모든 설명변수가 유의한 것으로 분석된다. 특기할 사항은 MSPD의 계수가 음수로서 평균속도가 높아질 수록 교통사고발생건수가 줄어든다는 상반된 해석이 가능하게 된다. 이는 일반적인 연구결과와 반대되는 결과로 해석할 수도 있으나 자료수집 지점이 고속도로와 국도가 혼합되어 있기 때문에 나온 결과로 판단된다. 즉 고속도로와 같이 기하구조가 우수하여 제한속도가 높은 지점에서는 국도보다 평균속도가 높음에도 불구하고 사고발생율이 낮기 때문이다. 동일한 기하구조를 가진 도로에서 평균속도를 낮출 경우 사고발생 빈도가 낮아진다는 것은 제 3장에서 충분히 입증하였다.

ACF-C 모형은 MSPD(평균속도), SVAR(속도분산), VOL(교통량), OS40 변수들을 채택한 것으로 모형설명력이 매우 높음에도( $R^2 = 0.90$ ) 불구하고 VOL 변수의 계수가 음수라는 점과 유의도가( $t=-1.731$ ) 떨어진다는 점에서 부적합한 모형으로 판단되었다. 통상 교통량이 교통사고발생에 중요한 설명변수라는 점에서 의외의 결과이지만 이는 VOL과 기타변수들간의 다중공선성 문제에서 기인한 것으로 보인다.

이상의 회귀분석 결과를 종합할 때 교통사고발생에 부정적인 영향을 미치는 교통류 특성 변수는 높은 평균속도, 높은 속도분산, 과속교통량인 것으로 판단된다. 특히 높은 속도분산은 교통안전에 치명적인 영향을 주는 변수인 것으로 보인다. 이는 자동과속단속시스템 도입에 따라 과속차량비율이 줄어들고, 평균주행속도가 낮아지며, 속도분산이 낮아진다는 3장의 분석 결과와도 일치하는 것이다.

참고로 본 회귀모형은 도로의 등급과 제한속도가 다른 국도와 고속도로 자료를 분리시켜 정산하는 것이 이론적으로 바람직하다. 그러나 본 연구에서 수집한 관측자료는 국도 10개소, 고속도로 5개소 등 총

15개소에 불과하여 분리시키기에는 어려움이 있다. 국도 자료만을 가지고 회귀모형을 정산한 결과 MSPD(평균속도)의 계수가 양수이나 통계적 유의도가 떨어지는( $t=1.45$ ) 등 ACF-B 모형보다 모형의 설명력과 의미가 떨어지는 것으로 나타났다. 이점은 향후 보다 광범위한 자료를 수집하여 보완되어야 할 것이다.

### III. 결론 및 제언

#### 1. 결론

교통사고와 사상자 부문에서 볼 때, 우리나라 교통안전도는 점진적으로 개선되는 추세에 있지만 아직도 연간 12,000명이 사망하고 350,000명이 부상하는 교통안전 후진국이다. 교통안전 선진국 들에서는 교통안전에 대한 고려를 최우선으로 설정하여 교통사고 유형별로 원인을 분석한 뒤 이에 대한 공학·교육·단속에 의한 구체적 개선방안을 채택하여 교통사고율을 낮춰 왔다. 이에 만족하지 않고 첨단기술을 교통에 접목하여 소통과 안전을 개선하기 위해 지능형교통시스템을 구축하여 왔으며 가시적 성과가 교통안전 증진으로 나타나고 있다.

본 연구에서는 국내에 설치된 자동과속단속시스템을 대상으로 시스템 설치에 따른 교통사고감소효과를 평가하여 보고, 시스템설치 전/후(Before/After)에 따른 교통류특성 변화를 분석하고자 하였다. 이를 통하여 첨단장비를 이용한 단속이 “단속-->교통류특성 변화-->안전도 개선”에 이르는 일련의 관계에서 그 동안 불명확하였던 (A)“단속이 교통류특성에 미치는 영향” 및 (B)“교통류특성과 안전도와의 관계”를 보다 명확하게 밝혀주는 데에 본 연구의 목적이 있었으며 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다.

- ① 1997년 4월 1일부터 설치 운영되고 있는 자동과속단속시스템 32개 지점에 대한 사고감소효과 분석 결과 설치전과 비교하여 교통사고가 28%, 사망자수가 60% 감소한 것으로 나타났으며 사고발생당 사망률 또한 현저하게 낮아지는 것으로 나타났다.



분석되어 무인단속시스템의 사고감소효과가 탁월한 것으로 나타났다.

- ② 자동과속단속시스템 설치지점 주변의 속도분포를 조사한 결과 설치지점 전후에서 평균소고도, 속도 분산, 짧은 차두시간 비율이 현저하게 낮아지는 것이 관측되었다.
- ③ 자동과속단속시스템 설치지점에 대하여 설치전과 설치후에 대한 차량속도 분석결과 설치후에 평균속도가 10km이상 낮아졌으며, 속도분산이 30% 이상 줄어들었다. 또한 제한속도를 초과하는 차량 비율 역시 절반 이하로 줄어들어서 과속단속시스템의 도입이 교통류의 질을 바람직한 방향으로 개선시킨 것으로 나타났다. 즉, (A)“단속이 교통류 특성에 미치는 가설이 입증되었다.
- ④ 교통사고건수를 종속변수로 설정하여 회귀모형을 정산한 결과 교통사고발생에 영향을 미치는 변수는 평균속도, 속도분산, 과속교통량인 것으로 나타났다. 즉, (B)“교통류특성 변화가 안전도에 영향을 미친다”는 가설을 입증하였다.
- ⑤ 종합적으로 자동과속단속시스템의 도입이 교통안전에 미치는 영향은 (1)과속단속시스템 도입→(2)교통류 특성 개선→(3)안전도개선이란 메카니즘에 의해 이루어진다는 가설을 입증하였다.
- ⑥ 본 연구는 ITS도입이 교통안전 뿐 아니라 교통소통에 미치는 영향을 계량적으로 평가하는 기초적 접근방법을 제공하였다고 볼 수 있다. 또한 교통류이론과 교통안전을 연결하는 동적 교통안전(operational traffic safety)이란 측면에서 교통안전 연구에 대한 새로운 시각을 제공하였다는 의의가 있다고 하겠다.

2. 제언

- ① 자동교통단속(ATE)은 지능형교통시스템 국가기본계획에서 중요한 구성요소이며 교통법규위반이 교통사고발생의 원인의 높은 비율을 차지하는 국내 교통실정에 비추어 시스템의 확대가 가속화될 전망이다. 따라서 이 시점에서 자동과속단속시스템의 도입이

교통류 나아가서는 교통안전에 미치는 영향을 계량적으로 평가하는 것은 중요한 의의가 있을 것이다. 자동과속단속시스템은 다양한 기하구조를 가진 구간에 설치되어 년중 속도를 수집하고 있기 때문에 본 연구의 접근방법을 활용할 경우 교통류이론이나 운전자행태분석 측면에서 교통공학의 살아있는 실험장으로 활용이 가능하다. 본 시스템에서 수집되는 속도정보를 ITS와 연계시켜 24시간 교통정보 수집체계로 병행하여 활용한다면 ATMS의 기능강화에 중요한 기능을 담당할 것이다.

- ② 첨단기술이 교통안전에 미치는 메커니즘에 대한 기초연구가 활성화되어야 할 것이다. 교통사고의 90% 정도가 사람의 의도적인 범규위반이나 실수에 의해 발생하고 있기 때문에 첨단기술을 이용한 교통안전증진의 요체는 사람의 위반과 실수를 줄이자는 것이라 본다. 이런 관점에서 교통류의 효율적인 흐름과 교통안전 개선은 별개의 분야가 아니라는 공감대가 형성되어야 하며, 미국교통연구원(TRB)에서 교통류이론 및 안전분과 위원회(Traffic Flow Theory and Safety Committee)가 통합되어 운영되고 있는 것을 주목할 필요가 있다. 이 분야에 관한 실증적 연구뿐 아니라 이론적 연구가 다학제적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부(1997). 지능형교통시스템 기본계획.
2. Bandmann, M. and Finsterer, H. (1997). "Safety Aspects of Traffic Management Systems.", Paper Presented at 4th World Congress on ITS Berlin, Germany.
3. Dick de Waard & Rooijers, T. (1994). "An Experiment Study to Evaluate the Effectiveness of Different Method and Intensities of Law Enforcement on Driving Speed on Motorways" Accident Analysis and Prevention vol. 26 No. 6.
4. Gambard, J. M. and Fabre, Boulanger, P. (1997). "An Automatic Speed Recording System on French Motorways: The Speed Observatory", Paper Presented at 4th World

Congress on ITS, Berlin Germany.

5. Gustafson, P. (1997). "Intelligent Speed Adaptation Who Wants It?", Paper Presented at 4th World Congress on ITS, Berlin Germany.
6. Hayden, C. and Almqvist, S. (1997). "ITS for Limiting Speeds-The Way To Reach an Unprecedented Safety Level?", Paper Presented at 4th World Congress on ITS, Berlin Germany.
7. Jack, D. J. & Lynn, W. C. (1991). "Impact of 66-mph Speed Limit on Virginia's Rural Interstate Highways Through 1989", Transportation Research Record No. 1318.