

# Effects of Meteorological Factors on the Frequency of the Traffic Accidents in Seoul

Ki-Kwang Lee<sup>†</sup>

School of Business Administration, Dankook University

## 기상요인이 교통사고 발생에 미치는 영향 분석 : 서울지역을 중심으로

이 기 광<sup>†</sup>

단국대학교 경영학부

The traffic accidents in Korea have been increasing every year due to various reasons and simultaneously causing socioeconomic cost at the national level. This study has analyzed the correlation between meteorological factors and the traffic accidents in Seoul during 2013. Especially, we have selected season, rain and temperature among the meteorological factors to identify their significance with the traffic accidents. In addition, analysis of variance, t-test and a multiple regression technique is applied. Major findings from the analyses are discussed at the district point of view, including the different effect of weather condition and the interaction effect of rain and temperature in winter. The results of this study would be useful for developing management strategies to reduce car crashes and injury severity in Seoul.

**Keywords :** Traffic Accidents, Multiple Regression, Meteorological Factors

### 1. 서 론

우리나라는 교통사고 발생률이 높고 그로인한 경제적 손실 또한 상당한 수준에 이른다. 지난 2013년 한 해 동안 발생한 교통사고는 215,354건으로 집계되었으며, 이는 1일 평균 590건, 인구 10만 명당 428.8건, 자동차 1만 대당 9건, 1,000세대 당 10.5건 발생하였음을 의미한다. 도로교통공단은 도로교통사고로 인한 인적, 물적 피해를 화폐가치로 환산하였을 때, 같은 해 총 23조 5,900억의 사회적 비용이 발생하였다고 발표했다[14]. 이는 우리나라 연간 GDP의 1.9%, 국가 총예산의 10.6% 수준에 이르는 것으로 추정된다. 뿐만 아니라 고령화로 인한 노인 운

전자 증가, 가구당 보유 차량 수 증가에 따른 운행패턴의 다변화 등 교통 환경이 보다 다양해지고 있어 교통사고를 다각적이고 심층적으로 분석하는 것이 필요하다.

일반적으로 교통사고는 운전자, 차량, 도로 및 환경의 복합요인에 의하여 공간과 시간에 따라 달리 발생하고 있는데, 본 연구는 그 중 기상요인과 교통사고 발생건수와의 관련성을 규명하고자 하였다.

본 논문에서는 공간과 시간을 구분하여 연구 범위를 설정하였다. 이에 따라 2013년 서울 전체 및 각 자치구 내에서 발생한 교통사고를 대상으로 하였으며, 기상요인과 교통사고 발생건수와의 관련성과, 그 중 유의미성을 나타내는 요소를 중심으로 교통사고와의 연관성을 심층적으로 분석하고자 하였다. 특히 사계절 중 겨울의 경우 눈이 내리기 때문에 강수와 함께 기온도 함께 고려를 해야 한다. 따라서 겨울의 경우 강수량과 기온도 함께 고려하여 분석한다.

Received 6 March 2015; Finally Revised 10 March 2015;  
Accepted 10 March 2015

<sup>†</sup> Corresponding Author : kiklee@dankook.ac.kr

위와 같은 과정을 통해 많은 사회적 비용을 유발하는 교통사고의 여러 요인 중 기상요인과 교통사고 발생건수와의 관계를 심층적으로 분석해서 사회적으로 발생할 수 있는 사회·경제적 비용을 줄이는데 의미가 있다.

## 2. 선행연구

### 2.1 기상상태와 교통사고

Aemal et al.[1]는 미국지역 내 눈보라 조건에서와 그렇지 않은 조건에서의 충돌비율에 대해 분석을 시도하였다. 포아송기법을 이용하여 겨울철에 일어난 Iowa주의 7개 단위로 구간의 충돌자료를 이용해 눈보라 조건에 대해 겨울철 날씨와 충돌비율을 분석한 결과 사고노출정도는 폭설의 집중도와 폭설의 지속성에 따라 그렇지 않은 조건에 비해 충돌비율이 높은 것을 밝혔다.

Jean[6]는 날씨와 사고위험이 얼마만큼 연관이 되어있는지에 대한 연구를 시도하였다. 분석결과 충돌위험은 겨울의 경우 눈이 올 때는 평상시보다 50% 증가하였고, 비가 올 때는 평상시보다 50% 증가함을 밝혔다. 또한 부상 위험의 경우는 증가하긴 했지만 크게 증가하지는 않았으며, 겨울동안은 눈과 충돌위험이 큰 상관성이 있었으며, 평일에 비해 주말이 높게 나타남을 규명했다.

Lynn and Barbara[12]는 미국 St. Louis에서 교통사고를 시간별, 요일별, 그리고 강수량별로 강수를 분류하여 교통사고 발생확률의 증가와 상관성을 조사하였다. 조사한 결과, 피해의 심각성과 요소별 크기와는 유의미한 상관성이 없었으나, 16~21시에, 금요일 및 토요일에 그리고 강수가 많을 때 사고 발생확률도 증가한 것으로 나타나 강수변화와 교통사고율과는 유의미한 상관성을 나타낸다고 밝혔다.

Edwards[4]는 기상요인과 도로사고의 심각도와 상관관계가 있는지를 분석하였다. 분석내용 및 방법에서 사고 자료에 쓰인 자료는 강수량, 안개, 강한 바람의 목록이 담긴 악천후 일 때와 기상상태가 좋을 때를 서로 비교분석하였다. 분석결과 사고와 상관도가 높게 나타난 변수로는 안개였고 치명도가 높게 나타난 것도 안개였다.

Lee et al.[11]은 고속국도 사고와 시간-공간적 반복성을 검증하고, 계절을 그룹별로 회귀모형식을 개발하여 계절 그룹별 사고특성을 검토한 결과, 계절성 요인(교통량, 안개, 결빙일수, 강설량, 강우량)와 계절 그룹별 사고가 매우 밀접한 관계를 가지고 있었으며, 겨울이 사상자수와 사고 차량 수는 적은 반면, 사고의 치명도는 매우 높은 것으로 나타났으며, 여름은 사상자수와 사고 차량 수는 많은 반면, 사고의 치명도는 다소 낮은 것으로 나타났다.

Kim et al.[7]은 예보구역별 일평균 기상의 변화와 교통사고 발생건수의 관계를 분석했다. 분석결과 기온은

전국적으로 미약하지만 양의 상관관계를 가졌다. 강수는 미약한 음의 상관관계를 나타냈고, 적설은 전국적으로 음의 상관관계를 보였음을 밝혔다.

이렇듯 교통사고를 유발하는 여러 사고요인 중 기상요인과 교통사고와의 상관성을 분석하는 연구들을 살펴보면 기상요인 중에서도 강수량을 가장 주요한 변수로 설정하였고 강수량이 교통사고발생건수에 유의적인 영향을 미칠 것으로 기대할 수 있다. 위의 선행연구에서는 안개가 상관성도 높고 치명도도 높은 요인으로 지적했지만 우리나라에서 안개가 발생하는 날은 거의 없기 때문에 본 연구에서는 강수에 초점을 둔다. 본 연구에서는 단순히 상관성만 분석하는 것이 아니라 회귀분석을 실시함으로써 강수량이 사건사고발생건수에 얼마나 영향을 미치는지 파악할 수 있다는데 의미가 있다. 또한 겨울의 경우 강수량과 함께 최저기온을 고려함으로써 각각의 유의미성을 판단하고 상호작용까지 고려함으로써 겨울철의 교통사고에 대해 더 심층적으로 분석한다.

### 2.2 기상상태와 교통사망사고

Lee and Kim[10]은 기상요소와 교통사망사고와의 관련성에 대해 검증하였다. 분석 검증한 결과 기상요소 중 강수가 교통사망사고에 가장 많은 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 또한 기상요소가 교통사망사고에 영향을 미치는 시간적 범위에 대하여 분석하였는데 평균 강수량자료를 가지고 분석을 수행했으며, 특히 겨울의 경우 도로의 결빙의 경우 비 온 다음날과 전날의 경우에도 영향을 받기 때문에 눈·비 오기 전날과 눈·비 온 다음날의 교통사망사고에 대한 분석을 시도했다.

Choi et al.[3] 기상 및 교통조건이 고속도로 화물차 사고 심각도에 미치는 영향분석을 실시했다. 분석결과 화물차 사고심각도 영향요인은 고속주행이 높은 교통조건, 교량 터널 등 구조물 구간 주행과 같은 여러 요인이 있었으나, 이상기후 발생으로 노면상태가 악화된 경우 감속이 어려움이 있어서 화물차 사고심각도가 높아진다는 결과를 도출했다.

Lee and Cho[8] 기상상태별 일반국도의 사망사고를 분석했다. 악천후 일 때 눈, 비, 안개 시 모두 안전 이행을 제외하고는 중앙선 침범사고가 높은 비율을 차지하고 있어 맑은 날에 비해 높은 비율을 보이고 있음을 밝혔다. 또한 2차로에서 상대적으로 교통안전시설이 부족해 악천후 시 사망사고의 위험성이 크다는 것을 규명했다. 또한 도별 사망사고 구성비와 기상요인을 분석하여 맑은 날에 사망건수 및 사망자수는 경기도가 가장 높고, 치사율은 충남이 가장 높았고, 흐린 날에 충남, 치사율 충남, 비 오는 날에 경기도, 치사율 경기도, 눈 오는 날에 경기도, 치사율 충남인 것으로 규명했다.

이렇듯 교통사망사고를 유발하는 여러 사고요인 중 기상요인과 교통사고와의 관련성을 분석하는 연구들을 살펴보면 기상요인 중에서도 강수량을 가장 주요한 변수로 설정하였고 강수량이 교통사망사고발생에 유의적인 영향을 미칠 것으로 기대할 수 있다. 본 연구에서는 교통사망사고에 대해서는 분석하지 않는다. 왜냐하면 서울지역 내 구별 교통사고에 대해 분석하면 일 교통사망사고 사건수가 대부분 1건이거나 발생하지 않기 때문이다. 하지만 위의 선행연구를 통해서 교통사고에 기상요인 중 본 연구에서 유의미한 관련성이 있을 것이라 설정한 강수요인이 적합하다는 데 근거가 될 수 있다.

### 3. 분석방법

본 연구에서는 서울시에서 강수와 기온이 교통사고 발생에 미치는 영향을 알아보려고 한다. 이를 위해 2013년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지 한 해의 서울시 일별 강수량, 평균기온, 최저기온, 최고기온 및 교통사고 발생 건수에 대해 기상청이 제공한 자료를 사용하였다.

분석을 위해 기술통계, 두 집단 평균비교(t-test), 회귀분석을 사용하였다. 먼저 얻어진 자료에서 기온정보 및 교통사고 정보의 대략적인 분포를 알아보기 위하여 기술통계 분석을 실시하였다. 그리고 계절별, 요일별로 교통사고 발생 건수에 차이가 있는지를 t-test를 이용하여 검정하였다. 다음으로 기상요소가 교통사고 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기상요소를 독립변수로 설정한 t-test를 실시하였다. 여기서 독립변수로는 일반적으로 기상요소 중 교통사고 발생에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 판단되는 강수 유무를 설정하였으며, 일차적으로 서울시 전체평균을 기준으로 분석하였다. 또한 기상요소와 교통사고 발생 간의 관계를 보다 정량적으로 분석하기 위하여 서울시를 기준으로 회귀분석을 실시하였다. 특히 겨울철에는 비가 온 후 낮은 기온으로 인해 도로가 얼거나 빙판길이 만들어져 교통사고가 증가할 수 있음을 고려하였다. 이와 같이 강수량과 교통사고 발생 건수에 기온이 미치는 조절효과를 검정하기 위하여 강수량과 평균기온, 최저 및 최고기온을 각각 조합한 다중회귀모형을 제시하고 그 유의성을 검정하였다. 조절효과 검정으로는 Baron and Kenny[2]가 제시한 방법을 사용하였다. 마지막으로 앞서 서울시 전체를 기준으로 한 분석결과와 서울시 내 각 지역구별 분석결과와 차이가 있는지 알아보기 위하여 각 지역구별 기상요소가 교통사고 발생에 미치는 영향을 t-test와 회귀분석을 통해 검정하였다.

회귀분석에서 각 설명변수간의 다중공선성 존재 여부를 확인하기 위하여 분산팽창인자(VIF, Variance Inflation Factor)값을 사용하였고, 회귀모형 및 분석결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 오차의 정규성을 조사하였다.

## 4. 분석결과

### 4.1 계절 및 요일별 분석

2013년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지 서울지역에서의 계절 및 요일별 교통사고는 <Table 1>과 같다. 평균교통사고 발생건수의 경우 봄이 가장 적게 발생하였으며, 여름과 겨울의 경우 교통사고가 비슷한 수준으로 봄보다 많이 발생하였으며 가을이 가장 많이 발생하였다. 가을의 평균 교통사고 건수가 많은 이유로 추석연휴 및 단풍여행으로 인한 교통량이 타 계절보다 많아 교통사고가 집중되어 나타난 결과로 판단된다.

<Table 1> Analysis Result(Season and Day of the Week)

Categories		# of traffic accidents		p-value
		Mean	SD	
Season	Spring	484.13	75.18	0.373
	Summer	516.72	86.76	
	Autumn	555.73	108.76	
	Winter	515.99	115.13	
Day of the week	Weekday	555.78	64.52	0.000
	Holiday	454.74	122.79	

계절 및 요일별로 교통사고 발생 건수 차이가 있는지를 ANOVA와 t-검정을 수행하였다. 그 결과 계절별 교통사고 발생 건수의 차이는 ANOVA검정의 p-값이 0.373으로 유의하지 않으며, 요일별 차이는 t-검정의 p-값이 0.000으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

### 4.2 강수유무에 따른 분석

기상요인 중 강수유무가 교통사고 발생에 미치는 영향을 분석하고자 강수유무에 따른 서울시 교통사고 발생 건수의 평균차에 대해 t-검정을 수행하였다. 강수의 기준으로 실제 강수량이 0.254mm 이상인 경우 강수로 판단하였다[9]. 분석 결과는 <Table 2>와 같이 강수가 있던 날 교통사고 평균 발생 건수가 강수가 없는 날보다 17.86건 많았지만, t-검정의 p-값이 0.119로서 강수유무가 서울시 전체 교통사고 발생에 유의한 영향을 준다고 판단할 수는 없었다.

<Table 2> Analysis Result(Precipitation)

Group	# of traffic accidents		p-value
	Mean	SD	
Rainfall	536.15	100.96	0.119
No Rain	518.29	97.99	

&lt;Table 3&gt; Result of t-test for Seoul Regions

Region(gu)	Group	Mean	SD	p-value
Gangnam	No Rain	55.81	16.05	-1.58
	Rainfall	58.80	15.76	
Gangdong	No Rain	18.46	5.39	-1.67*
	Rainfall	19.59	5.88	
Gangbuk	No Rain	11.39	3.55	0.28
	Rainfall	11.27	3.47	
Gangseo	No Rain	24.16	6.55	-1.76*
	Rainfall	25.65	7.37	
Gwanak	No Rain	17.74	5.08	-2.29**
	Rainfall	19.08	4.89	
Gwangjin	No Rain	18.00	5.24	-1.48
	Rainfall	18.81	4.40	
Guro	No Rain	18.69	5.58	-1.67*
	Rainfall	19.81	5.70	
Geumcheon	No Rain	12.67	4.35	-2.52***
	Rainfall	14.00	4.53	
Nowon	No Rain	20.18	6.36	-0.96
	Rainfall	20.96	7.10	
Dobong	No Rain	10.75	4.07	-1.08
	Rainfall	11.26	3.98	
Dongdaemun	No Rain	17.88	5.43	-1.20
	Rainfall	18.63	5.21	
Dongjak	No Rain	17.22	5.48	-1.73*
	Rainfall	18.43	6.03	
Mapo	No Rain	25.57	6.69	1.10
	Rainfall	24.67	7.10	
Seodaemun	No Rain	14.12	4.78	0.86
	Rainfall	13.65	4.69	
Seocho	No Rain	39.17	11.42	-2.37**
	Rainfall	42.52	12.30	
Seongdong	No Rain	18.07	5.87	-1.11
	Rainfall	18.85	6.18	
Seongbuk	No Rain	17.36	5.21	-1.87*
	Rainfall	18.63	6.05	
Songpa	No Rain	29.38	7.32	-1.94**
	Rainfall	31.27	8.58	
Yangcheon	No Rain	21.03	6.21	-2.60***
	Rainfall	23.12	6.93	
Yeongdeungpo	No Rain	28.14	7.91	-1.03
	Rainfall	28.98	6.65	
Yongsan	No Rain	18.07	5.69	-1.16
	Rainfall	18.84	5.58	
Eunpyeong	No Rain	15.10	4.66	-1.51
	Rainfall	15.90	4.44	
Jongno	No Rain	15.80	4.95	1.75*
	Rainfall	14.78	5.09	
Jung	No Rain	17.54	6.49	-1.23
	Rainfall	18.42	6.11	
Jungnang	No Rain	15.01	4.40	0.46
	Rainfall	14.76	4.60	

\*\*\* p-value < 0.01, \*\* p-value < 0.05, \* p-value < 0.10.

### 4.3 서울시 지역구별 분석

서울시 전체를 25개 지역구로 나누어 각 지역구별 강수 유무에 따른 교통사고 발생 차이를 t-검정한 결과는 <Table 3>과 같다. 분석결과 강동, 강서, 관악, 구로, 금천, 동작, 서초, 성북, 송파, 양천구에서 비가 오는 경우 그렇지 않은 경우보다 교통사고 발생 건수가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 종로구의 경우 두 집단 간 차이가 유의하였으나(p-값 < 0.10) 비가 오지 않는 경우에 교통사고 발생 건수가 더 많은 것으로 나타나 다른 지역구들과 반대의 교통사고 패턴을 보였다.

<Table 3>과 같이 각 지역구별로 교통사고 발생수가 강수 여부에 따라 차이를 보이거나, 또는 차이를 보이지 않는 것은 기상 외적인 요소에 기인하는 것으로 추측할 수 있다. 예를 들어, 지역별 교통량 차이는 교통사고 발생에 영향을 미치는 여러 가지 요인들 중 가장 일반적으로 언급되어지는 요인이다. 각 지역구별 교통량을 구하기는 쉽지 않아 자동차 등록 대수가 교통량과 양의 상관관계가 있다고 가정하고, 실제로 본 연구에 사용된 서울시 25개 구의 자동차 등록 대수를 <Table 4>와 같이 조사하였다 [13]. 이를 살펴보면, 최대 강남구 237,000대부터 최소 종로구 51,000대로 월평균 교통량에 상당한 편차가 존재함을 알 수 있다. 각 구별 교통량에 따라 상-하위 집단으로

&lt;Table 4&gt; Traffic Volumes for Seoul Regions

Group	Region(gu)	Traffic volume	Prec. effect	
High traffic group	Gangnam	237,000	X	
	Songpa	214,000	O	
	Gangseo	176,000	O	
	Seocho	172,000	O	
	Nowon	153,000	X	
	Yangcheon	147,000	O	
	Gangdong	140,000	O	
	Yeongdeungpo	136,000	X	
	Guro	131,000	O	
	Eunpyeong	121,000	X	
	Gwanak	119,000	O	
	Seongbuk	116,000	O	
	Low traffic group	Mapo	111,000	X
		Jungnang	104,000	X
Dongjak		99,000	O	
Gwangjin		94,000	X	
Dobong		93,000	X	
Dongdaemun		92,000	X	
Seongdong		88,000	X	
Seodaemun		79,000	X	
Yongsan		76,000	X	
Geumcheon		76,000	O	
Gangbuk		74,000	X	
Jung	64,000	X		
Jongno	51,000	△		

구분하여 보면, 교통량 상위집단 12개 구 중 약 67%에 해당하는 8개 구가 강수여부에 따라 교통사고 발생에 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 반대로 교통량 하위집단의 경우 총 13개 구 중 2개 구(약 15.4%) 만이 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 교통량이 많은 지역일수록 강수가 교통사고에 영향을 미칠 가능성이 높음을 시사하는 것으로 판단할 수 있다.

#### 4.4 강수 및 기온간 상호작용 분석

앞서 서술한 바와 같이, 겨울철 강수량과 교통사고 발생건수에 기온이 미치는 조절효과를 검증하기 위하여 각 지역구를 기준으로 회귀분석을 실시하였다. 첫째로 강수량과 기온을 설명변수로 설정하여 회귀분석 결과를 확인하였으며, 둘째로 기온-강수의 상호작용항을 포함한 다중회귀분석을 실시하고 두 결과를 비교하여 기온의 조절

효과를 분석하였다. 분석 과정에서 기온의 경우 평균기온, 최저기온, 최고기온 세 가지를 각각 설명변수로 지정하였으나, 평균기온과 최고기온을 포함한 회귀모형은 유의성이 낮은 것으로 나타나 분석 결과에서 제외하고 강수량과 최저기온을 포함한 모형만을 제시하였으며, 그 내용은 <Table 5>와 같다.

겨울철 최저기온의 조절효과는 기온과 강수의 상호작용항에 대한 유의성 관점에서 보면 강서구, 노원구, 동작구, 구로구, 송파구, 강동구, 은평구, 도봉구 순으로 유의하게 나타났다. 따라서 최저기온은 겨울철 강수량이 교통사고 발생에 미치는 영향을 조절하는 것으로 판단하였다.

또한 독립변수간 다중공선성 존재 여부를 판단하기 위하여 VIF를 확인하였으며, 각 구에서 가장 낮은 값이 1.050 가장 높은 값이 7.034로 나타나 Hair et al.[5]이 제시한 판단기준 10에 미치지 못하므로, 기상 요소들 간에는 다중공선성의 문제가 없는 것으로 판단하였다.

<Table 5> Comparative Result of Regression Models with or without Interaction

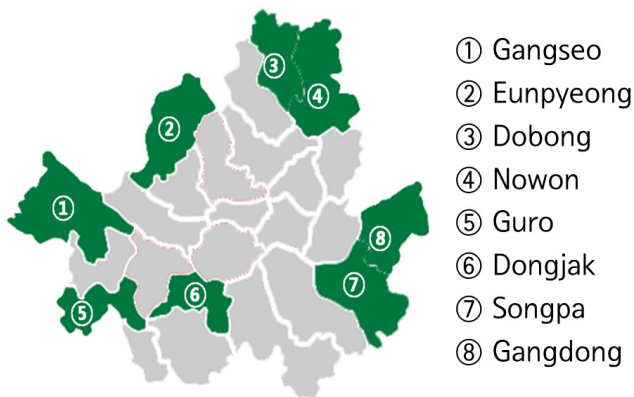
Region(gu)	Variable	Regression model without Interaction			Regression model with Interaction		
		Coefficient	VIF	p-value	Coefficient	VIF	p-value
Gangdong	Constant	18.679 <sup>***</sup>	-	0.066	18.187 <sup>***</sup>	-	0.009
	Rainfall	0.309 <sup>**</sup>	1.112		0.898 <sup>***</sup>	4.733	
	Temperature	-0.037	1.112		-0.045	1.113	
	Rain × Temp.	-	-		-0.118 <sup>**</sup>	4.590	
Gangseo	Constant	21.204 <sup>***</sup>	-	0.002	20.723 <sup>***</sup>	-	0.000
	Rainfall	0.423 <sup>*</sup>	1.048		0.966 <sup>***</sup>	2.377	
	Temperature	-0.490 <sup>***</sup>	1.048		-0.471 <sup>***</sup>	1.050	
	Rain × Temp.	-	-		-0.293 <sup>***</sup>	2.352	
Guro	Constant	16.608 <sup>***</sup>	-	0.084	16.378 <sup>***</sup>	-	0.016
	Rainfall	0.023	1.059		0.256	1.806	
	Temperature	-0.282 <sup>**</sup>	1.059		-0.269 <sup>**</sup>	1.061	
	Rain × Temp.	-	-		-0.149 <sup>**</sup>	1.769	
Nowon	Constant	18.353 <sup>***</sup>	-	0.054	17.908 <sup>***</sup>	-	0.005
	Rainfall	0.315 <sup>*</sup>	1.079		0.788 <sup>***</sup>	2.077	
	Temperature	-0.442 <sup>**</sup>	1.079		-0.418 <sup>**</sup>	1.081	
	Rain × Temp.	-	-		-0.210 <sup>***</sup>	2.027	
Dobong	Constant	10.375 <sup>***</sup>	-	0.414	10.181 <sup>***</sup>	-	0.058
	Rainfall	0.052	1.104		0.250 <sup>**</sup>	2.117	
	Temperature	-0.129	1.104		-0.119	1.106	
	Rain × Temp.	-	-		-0.052 <sup>**</sup>	2.043	
Dongjak	Constant	17.267 <sup>***</sup>	-	0.123	16.926 <sup>***</sup>	-	0.011
	Rainfall	0.164	1.063		0.697 <sup>***</sup>	4.656	
	Temperature	0.134	1.063		0.136	1.063	
	Rain × Temp.	-	-		-0.173 <sup>***</sup>	4.600	
Songpa	Constant	28.143 <sup>***</sup>	-	0.214	27.749 <sup>***</sup>	-	0.081
	Rainfall	0.324 <sup>*</sup>	1.080		1.140 <sup>**</sup>	7.034	
	Temperature	-0.106	1.080		-0.112	1.080	
	Rain × Temp.	-	-		-0.144 <sup>*</sup>	6.931	
Eunpyeong	Constant	13.029 <sup>***</sup>	-	0.044	12.984 <sup>***</sup>	-	0.007
	Rainfall	0.319 <sup>*</sup>	1.065		0.349 <sup>**</sup>	1.071	
	Temperature	-0.219 <sup>**</sup>	1.065		-0.192 <sup>*</sup>	1.078	
	Rain × Temp.	-	-		-0.100 <sup>**</sup>	1.023	

\*\*\* p-value < 0.01, \*\* p-value < 0.05, \* p-value < 0.10.

<Figure 1>은 회귀분석 결과 겨울철 강수-기온의 상호작용이 교통사고 발생에 영향을 미치는 8개 구를 서울시 지도에 표시한 것이다. 여기서 동작구를 제외한 나머지 7개 구들이 서울시 외곽에 위치함을 알 수 있었다. 이에 대하여 지리적으로 서울시 외곽에 위치하는 것이 겨울철 최저기온의 조절효과와 연관성이 존재하는지 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

이상의 회귀분석에서 겨울철 기온이 비 또는 눈과 함께 작용하면서 교통사고 발생 증가에 영향을 미치며, 이러한 영향 정도가 서울시 내 자치구 단위별로 차이가 있음을 보였다. 서울시 규모가 비교적 작은 편임을 고려하면, 자치구별 기상요인은 동일한 수준이라고 생각할 수 있다. 따라서 강수-기온의 상호작용은 각 자치구의 기상외적인 요인에 의해 교통사고 발생으로 이어지는 것으로 보인다.

한 예로서 겨울철 눈비 후 낮은 기온으로 빙판길이 생기는 경우 교통사고 발생이 증가하지만, 적시의 제설작업으로 이를 방지할 수도 있다.



<Figure 1> Regions with Significant Interaction between Precipitation and Temperature

<Table 6>은 서울시 염화칼슘 제설함 위치정보를 활용하여 지역구별 자동차 1,000대 당 제설함 개수를 정리한 것이다[15]. 지역별 제설함 보유는 각 구의 절대적 크기에 영향을 받기 때문에 구별 자동차 등록대수로 나누어 순위를 선정하였다[13]. 이 중 겨울철 강수-기온의 상호작용 효과가 있었던 구들은 동작(4), 은평(7), 구로(8), 강서(12), 노원(22), 강동(23), 송파(24), 도봉(25) 순으로 제설함을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 주목할 만한 점은, 이들 8개 구 중 절반이 제설함 보유 순위 최하위 4개 구와 일치하였다. 이러한 결과는 겨울철 각 자치구의 제설 작업 차이가 강수-기온의 상호작용이 교통사고 발생에 미치는 영향 차이에 관련하고 있음을 시사한다.

<Table 6> CaCl<sub>2</sub> Boxes for Seoul Regions

Rank	Region(gu)	CaCl <sub>2</sub> boxes /1,000 cars	Interaction
1	Jongno	12.098	X
2	Seodaemun	7.000	X
3	Seongbuk	5.060	X
4	Dongjak	4.525	O
5	Yongsan	4.355	X
6	Mapo	3.721	X
7	Geumcheon	3.697	X
8	Gwanak	3.571	X
9	Jung	3.531	X
10	Eunpyeong	3.182	O
11	Seongdong	2.909	X
12	Guro	2.756	O
13	Gangbuk	2.689	X
14	Jungrang	2.567	X
15	Gwangjin	2.064	X
16	Yangcheon	2.014	X
17	Dongdaemun	1.989	X
18	Seocho	1.849	X
19	Gangseo	1.778	O
20	Gangnam	1.464	X
21	Yeongdeungpo	1.441	X
22	Nowon	1.085	O
23	Gangdong	1.043	O
24	Dobong	0.806	O
25	Songpa	0.575	O

5. 결 론

본 연구는 교통사고 발생에 기상요인이 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해 2013년 서울시를 대상으로 계절별, 강수유무별 교통사고 발생건수에 차이가 있는지 각각 ANOVA와 t-test를 실시하였다. 그 결과 서울시 전체에서는 계절 및 강수유무별 교통사고 발생에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 겨울철 강수와 최저기온의 상호작용 효과를 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 서울시 전체를 기준으로 상호작용항이 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이에 따라 세부 지역구로 분석대상을 재설정하여 앞선 검정을 동일하게 실시하였다. 지역구별 t-test 분석결과 강동, 강서, 관악, 구로, 금천, 동작, 서초, 성북, 송파, 양천구에서 비가 오는 경우 그렇지 않은 경우보다 교통사고 발생이 더 높게 나타났으며, 종로구의 경우 반대의 결과를 보였다. 또한 회귀분석 결과 강서, 노원, 동작, 구로, 송파, 강동, 은평, 도봉에서 겨울철 강수와 최저기온의 상호작용 효과가 교통사고 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구는 분석대상을 서울시로 설정하여 기상요소와 교통사고 발생 간 상관관계가 없다고 판단하였으나, 보다 세부적인 분석대상으로서 서울시 25개 지역구별 분석을 실시한 결과 t-test와 회귀분석 결과에서 의미 있는 결과가 도출되어 기상요소와 교통사고의 연관성이 지역구별로 다르게 적용됨을 밝혔다. 또한 본 연구에서는 기상요소의 개별적인 효과뿐만 아니라, 겨울철 강수와 기온 사이의 상호작용에 대하여 분석하고 이것이 교통사고 발생에 영향을 미침을 검증하였다.

그러나 본 연구는 기상요소 중 교통사고 발생에 주요한 요인으로서 강수를 설정하였고, 연간 비 오는 날의 수가 많지 않아 분석에 사용한 표본 수가 적었다는 한계점이 있다. 또한 데이터 수집의 한계로 인해 분석에 사용한 지역구별 교통량 자료 및 제설함 자료가 실제 자료와 차이가 있다고 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 보다 많은 연도의 기상자료를 수집하여 분석의 정확성을 높일 필요가 있으며, 기상요소의 특성 상 교통사고 발생을 설명하기에는 제한이 있으므로 교통량, 도로면적, 주행속도 등 기상 외적 요인을 동시에 고려한 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 보인다.

## Acknowledgement

본 연구는 2014년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

## References

- [1] Aemal, J., Keith, K., Karen, L., and Leland, D., Safety implications of snowstorms on interstate highways. *TRB paper*, 2000, No. 00-0313.
- [2] Baron, R. and Kenny, M., The moderator-mediator variable distinction in social psychological research : conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, Vol. 51, No. 6, pp. 1173-1182.
- [3] Choi, S., Kim, M.J., Oh, C., and Lee, K.Y., Effects of weather and traffic conditions on truck accident severity on freeways. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 2013, Vol. 33, No. 3, pp. 1105-1113.
- [4] Edwards, J.B., The relationship between road accident severity and recorded weather. *Journal of Safety Research*, 1998, Vol. 29, No. 4, pp. 249-262.
- [5] Hair, J., Black, W., Babin, B., Anderson, R., and Tatham, R., *Multivariate data analysis*, NJ : Prentice Hall, 1998.
- [6] Jean, A., Temporal analysis of weather-related collision risk Ottawa Canada. *TRB paper*, 2003, No. 03-3488.
- [7] Kim, H.W., Han, S.O., and Kim, K.H., An analysis of correlation between weather and traffic accidents in Korea. *Journal of Korean Meteorological Society*, 2013, Vol. 10, No. 193, pp. 404-405.
- [8] Lee, J.H. and Cho, H.J., An study on the characters of traffic accidents in the foul weather according th weather condition. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 2004, Vol. 10, No. 670, pp. 3867-3870.
- [9] Lee, K. and Lee, J., The effect of meteorological information on business decision-making with a value score model. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2007, Vol. 30, No. 2, pp. 89-98.
- [10] Lee, Y.N. and Kim, K.W., A study on the relationships between the fatal traffic accidents and meteorological factors. *Korean Police Studies Review*, 2007, Vol. 6, No. 3, pp. 125-164.
- [11] Lee, Y.T., Kim, Y.J., Kim, D.H., and Lim, K.W., Analysis of seasonal variation effect of the traffic accidents on freeway, *Journal of Korean Society of Transportation*, 2000, Vol. 18, No. 5, pp. 7-16.
- [12] Lynn, A.S. and Barbara, C.F., An analysis of the relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents. *Journal of Applied Meteorology*, 1978, Vol. 17, No. 5, pp. 711-715.
- [13] Motor vehicle registration by City/Province. Korean Statistical Information Service. 2013.
- [14] Road traffic accidents in Korea 2013. The Road Traffic Authority, 2014.
- [15] The location information of CaCl<sub>2</sub> Boxes for Seoul Regions. Seoul Metropolitan Government. 2012.

## ORCID

Ki-Kwang Lee | <http://orcid.org/0000-0003-2291-8376>