

진주시 교통사고의 시계열적 공간분포특성 분석

Analysis of Temporal and Spatial Distribution of Traffic Accidents in Jinju

성병준* · 배규한** · 유환희***
Sung, Byeong Jun · Bae, Gyu Han · Yoo, Hwan Hee

요 旨

도시공간에서 토지이용변화는 교통량을 유발하고 이에 따른 교통사고발생이 상호 밀접한 관계를 갖고 있으므로 토지이용변화에 따른 교통사고발생원인 분석은 교통사고저감대책 수립에 중요한 요소로 판단된다. 이에 지방 중소도시인 진주시를 대상으로 5년간(2009년~2013년)의 교통사고 데이터를 주거지역과 상업지역의 사고 발생빈도와 최근린 분석기법에 의한 군집도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 교통사고의 발생빈도는 봄에 가장 많았고 겨울이 가장 작게 발생하였다. 또한 주간과 야간의 교통사고 발생빈도는 주간이 야간에 비해 조금 더 많이 발생하였으나 교통사고발생 군집도는 야간이 주간에 비해 강하게 나타났다. 그리고 토지용도에 따른 교통사고 군집도 분석에서 상업지역은 계절에 따른 변화가 크지 않았으나 주거지역은 겨울철에 군집밀도가 크게 낮아지는 경향을 보였다. 교통사고 유형에 따른 분석 결과 차 대 차의 측면직각추돌사고가 가장 높은 발생빈도를 보였으며 상업지역과 주거지역에 모두 광범위하게 발생하는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 도시공간구조에서 교통사고 발생 패턴을 파악하는데 중요한 정보가 될 수 있으며, 향후 교통사고저감대책을 수립하는데 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

핵심용어 : 교통사고, 시계열, 발생빈도, 군집도, 상업지역, 주거지역, 토지이용, 도시공간구조

Abstract

Since changes in land use in urban space cause traffic volume and it is closely related to traffic accidents. Therefore, an analysis on the causes of traffic accidents is judged to be an essential factor to establish the measure to reduce traffic accidents. In this regard, the analysis was conducted on the clustering by using the nearest neighbor indexes with regard to the occurrence frequencies of commercial and residential zone based on traffic accident data of the past five years (2009-2013) with the target of local small-medium sized city, Jinju-si. The analysis results, obtained in this study, are as follows: the occurrence frequency of traffic accidents was the highest in spring and the lowest in winter respectively. The clustering of traffic accident occurrence at nighttime was stronger than at daytime. In addition, terms of the analysis on the clustering of traffic accident according to land use, changes according to the seasons was not significant in commercial areas, while clustering density in winter tended to become significantly lower in residential areas. The analysis results of traffic accident types showed that the side-right angle collision of cars was the highest in frequency occurrence, and widespread in both commercial areas and residential areas. These results can provide us with important information to identify the occurrence pattern of traffic accidents in the structure of urban space, and it is expected that they will be appropriately utilized to establish measures to reduce traffic accidents.

Keywords : Traffic Accident, Time Series, Occurrence Frequencies, Clustering, Commercial Area, Residential Area, Land Use, Urban Space Structure

Received: 2015.04.06, revised: 2015.04.29, accepted: 2015.05.07

* 정회원 · 경상대학교 도시공학과 석사과정(Member, Master Student, BK21+, Urban Engineering, Gyeongsang National University, bjsung87@naver.com)

** 정회원 · 경상대학교 도시공학과 석사과정(Member, Master Student, BK21+, Urban Engineering, Gyeongsang National University, baego000@naver.com)

*** 교신저자 · 정회원 · 경상대학교 도시공학과 교수(Corresponding author, Member, Professor, BK21+, ERI, Urban engineering, Gyeongsang National University, hhyoo@gun.ac.kr)

1. 연구 배경 및 목적

현대 사회는 빠른 속도로 발전하고 있으며, 사람들의 생활수준 또한 그와 비례하여 향상되고 있다. 이러한 수준향상은 효율성, 안전성, 편의성 등 삶의 질을 향상시켜 줄 수 있는 요소들에 대한 관심이 높아지며, 그 중 자동차는 이동의 편리성을 향상시켜주는 핵심 요소가 되었다. 하지만 급격하게 증가하는 자동차로 인해 교통사고도 증가하는 추세이며 이는 심각한 사회적 문제로 대두되었다. 이러한 교통사고가 심각한 사회문제로 인식되면서 다양한 대책으로 인하여 교통사고 예방활동 및 국민들의 교통사고에 대한 인식이 크게 향상되었지만 OECD 주요국의 교통사고 발생건수와 비교해보면 우리나라는 아직 높은 수준을 나타내고 있다. (Stastics Korea, 2015).

교통사고는 도로 및 교통시설에 대한 교통공학적 교통사고패턴분석이 주를 이뤄왔으며(Hamaoka, 1995; Park, 2011), Lee(2003)와 Sung(2014, 2015)은 도시 공간의 토지이용에 따른 교통사고분석을 시도하였다. 즉 도시공간에서 토지이용변화는 교통량을 유발하고 이에 따른 교통사고발생이 상호간 밀접한 관계를 갖고 있으므로 토지이용변화에 따른 교통사고발생원인 및 추이를 분석하는 것은 교통사고를 저감하기 위한 대책을 수립하는데 매우 중요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 지방 중소도시인 진주시를 대상으로 2009년부터 2013년까지 발생한 교통사고 데이터를 토지이용별, 계절별, 주간·야간별 분석과 발생지점의 군집성을 분석하기 위하여 최근린 지수분석 및 커널 밀도분석 등을 시행하였다. 이를 위하여 진주시의 14개 동을 대상으로 하였으며, 주거 및 경제활동패턴에 의한 영향을 분석하기 위하여 토지이용 중 상업지역, 주거지역을 대상으로 교통사고발생 특성을 분석하였다.

2. 교통사고 공간패턴분석

교통사고 지점을 점 데이터 변환하여 공간상의 교통사고 발생분포를 분석하고 발생 빈도와 군집도 등을 통해 분포패턴을 확인 할 수 있다. 실세계에서 점 개체의 공간패턴이 형성되는 과정은 1차 효과와 2차 효과의 두 가지 관점에서 해석될 수 있다. 1차 효과는 각 점 개체들이 독립적으로 위치하지만 주어진 면적 내에서 점 개체의 밀도에 따라 군집될 수 있다. 이런 경우 점의 절대적인 위치가 중요하며 주어진 면적에서의 밀도를 통해 파악된다. 한편 2차 효과는 점 개체들 간의 상호작용을 통해 유인 또는 배척이 나타나면서 분포패턴이 형

성되는 것이다. 이러한 점 개체의 분포패턴은 점과 점 사이의 간격이 규칙적으로 배열되어 있는 규칙적 패턴, 점들이 밀집되어 있는 상태로 점들 간의 간격이 매우 좁은 군집적 패턴, 점 사이의 규칙이 없고 임의적으로 분포하고 있는 임의적 패턴으로 분류할 수 있다(Oppe., 1992).

본 연구에서는 주어진 점 개체들의 공간분포 특성을 설명하고 요약하기 위해서 점 밀도를 이용한 분석기법인 커널 밀도분석과 점 개체간의 평균거리를 사용하는 분석기법인 최근린 지수분석을 이용하여 공간패턴분석을 실시하였다. 최근린 지수분석은 각 점에서 가장 가까운 점까지의 평균거리를 산출하여 무작위 패턴으로 예상되는 거리와 비교하기 때문에 모든 점 개체들 간의 거리가 계산되어야 하고 인접한 점들 간의 관계가 매우 중요하다. 거리를 비교할 때는 식 (1)을 사용하며 R 값이 작을수록 군집된 패턴에 가까우며 R 값이 커질수록 분산된 형태의 패턴에 가까워진다.

$$R = \overline{d_{\min}} / E(d) \quad (1)$$

여기서 $\overline{d_{\min}}$ 는 각 점에서 가장 가까운 점까지의 평균거리이고, $E(d)$ 는 임의적 분포일 경우 예상되는 점들 간의 기대거리를 나타낸다. 여기서 R 값에 대한 통계적 유의성은 표준 정규분포(Z)에 따른 검정 방법을 이용하여 식 (2)에 의해서 산출된다(Lee and Sim, 2013).

$$Z = \frac{\overline{d_{\min}} - E(d)}{\sigma_{\bar{d}}} \quad (2)$$

점 밀도를 파악하는 방법 중 하나인 커널 밀도분석은 대상지의 점 개체의 분포를 토대로 대상 전체 지역에 걸친 데이터들의 공간 밀도를 추정하는 것으로, 추정된 공간 밀도를 시각적으로 표현하여 개념적인 이해와 해석이 가능하기 때문에 점 데이터의 공간 분포 패턴의 시각화를 위하여 많이 활용된다. 특히 점 개체의 분포 패턴을 생성된 hot spot을 통하여 군집의 정도를 파악할 수 있다(O'Sullivan et al, 2010; Lee et al., 2013).

3. 결과분석

3.1 진주시 교통사고 시계열 변화분석

2009년부터 2013년까지 진주시에서 발생한 교통사고의 데이터는 도로교통공단을 통하여 취득하였다 (KoRoad, 2015). 수집한 데이터 중 사고지점의 위치테

Table 1. Seasonal traffic accident statistics in Jinju

Season/ Year	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Spring	304	276	259	219	285	1,343
Summer	272	270	199	196	271	1,208
Fall	290	261	208	271	223	1,253
Winter	226	218	191	162	197	994
Total	1,092	1,025	857	848	976	4,798

Table 2. Day and night

Day/ Year	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Day	576	503	425	444	525	2,473 (51.5%)
Night	516	522	432	404	451	2,325 (48.5%)
Total	1,092	1,025	857	848	976	4,798 (100%)

이터 X, Y 좌표를 GIS 분석 프로그램을 이용하여 구축된 진주시 기본도 공간상에 표기하였으며, 교통사고 데이터를 연도별, 계절별, 주간과 야간별로 분류하였다.

진주시의 교통사고는 2009년 1,092건, 2010년 1,025건, 2011년 857건, 2012년 848건, 2013년 976건이 발생하여 2009년부터 2012년까지는 감소의 추세를 보이고 있으나 2013년 다시 증가의 추세를 보이고 있다. 진주시에서 5년 동안 발생한 연도별 교통사고를 다시 계절별로 분류하였을 때 Table 1과 같이 발생하였다. 진주시의 교통사고는 봄(3월~5월)에 1,343건으로 5년간 교통사고 중 28%가 발생하여 가장 높은 비율을 차지하며, 겨울(12월~2월)에 994건으로 5년간 교통사고 중 21%를 차지하여 가장 낮은 비율을 차지한다.

여름(6월~8월)과 가을(9월~11월)은 각각 1,208건과 1,253건으로 25%와 26%를 차지하여 봄 다음으로 많은 교통사고가 발생한 것을 알 수 있다. 진주시의 계절에 따른 교통사고 발생 건수는 야외활동이 원활한 봄과 가을에 많은 사고가 발생하는 것을 확인 할 수 있고, 겨울의 경우 매년 가장 작은 발생건수를 보이고 있어서 야외 활동이 작은 겨울에 교통사고도 작게 발생하였다.

다음으로 진주시의 다년간 교통사고를 주간과 야간으로 분류하였을 때에 Table 2와 같이 나타났다. 진주시에서 발생한 5년 동안의 주간(06시~18시)과 야간(18시~06시)의 교통사고는 주간에 약 52%, 야간에 약 48%가 발생하여 주간에 조금 더 발생하였으며, 2009년, 2012년, 2013년은 주간에 더 많은 사고가 발생하였고, 2010년, 2011년에는 야간에 더 많은 사고가 발생하

것을 알 수 있다. 이는 전국의 주간(58.8%)·야간(41.2%)의 교통사고 발생률과 비슷한 수치를 보여주고 있지만 진주의 야간 교통사고 발생률(48.5%)은 전국의 야간 교통사고 발생률보다 7% 높은 것으로 나타났다(Sung, 2015).

3.2 교통사고 공간 군집성 분석

진주시에서 발생한 5년간의 교통사고를 계절별, 주간별로 분류하여 군집도를 분석하였다. 최근린 지수분석을 실시하여 Table 3, Table 4와 같은 결과를 얻었으며, 5년간의 교통사고자료를 종합하여 계절별로 분석한 결과에서는 봄이 R=0.5386, Z=-14.1778로서 군집도가 가장 높게 나타났으며, 다음 순서로 여름(R=0.5401, Z=-13.4077), 가을(R=0.5513, Z=-13.3507), 겨울(R=0.5716, Z=-10.9959) 순으로 나타났다. 즉, 봄철에 교통사고가 가장 많음과 동시에 사고발생 분포형태도 군집성이 가장 강하게 나타났다. 반면 겨울철에는 사고건수도 가장 작고 군집성도 가장 낮았다. 또한 주야간의 교통사고발생 군집형태를 분석한 결과 Table 5와 Table 6과 같았으며, 야간의 경우 R=0.4569, Z=-21.97로서 주간 R=0.4912, Z=-21.15보다 군집성이 강하게 나타났다.

Table 3. Seasons nearest neighbor indexes analysis of traffic accident in Jinju

Year/ Season	Nearest neighbor indexes			
	Spring	Summer	Fall	Winter
2009	0.4751	0.5209	0.5452	0.6112
2010	0.5802	0.5323	0.5420	0.5973
2011	0.5140	0.5287	0.5723	0.6173
2012	0.5449	0.6213	0.5256	0.5440
2013	0.5787	0.4975	0.5714	0.4880
Average	0.5386	0.5401	0.5513	0.5716

Table 4. Seasons Z-Score analysis of traffic accident in Jinju

Year/ Season	Z - Score			
	Spring	Summer	Fall	Winter
2009	-17.2476	-14.7798	-14.5319	-10.9316
2010	-13.0237	-14.3720	-13.7980	-11.0562
2011	-14.5825	-12.4278	-11.6287	-9.8238
2012	-12.6459	-9.9875	-14.6622	-9.6301
2013	-13.3893	-15.4715	-12.1328	-13.5378
Average	-14.1778	-13.4077	-13.3507	-10.9959

Table 5. Day and night nearest neighbor indexes analysis of traffic accident in Jinju

	Nearest neighbor indexes					
	2009	2010	2011	2012	2013	Average
Day	0.4958	0.4938	0.5042	0.4873	0.4747	0.4912
Night	0.4159	0.4145	0.4907	0.4718	0.4917	0.4569

Table 6. Day and night Z-Score analysis of traffic accident in Jinju

	Z - Score					
	2009	2010	2011	2012	2013	Average
Day	-22.6630	-21.0404	-19.1574	-20.3149	-22.5829	-21.1517
Night	-24.9099	-24.9941	-19.7303	-19.9794	-20.2363	-21.9700

또한 교통사고발생지점과 도시공간구조와의 관련성을 분석하기 위하여 토지이용현황을 조사하여 분석하였다. Fig. 1은 진주시 토지이용도를 나타낸 것으로서 본 연구에서는 연구 대상지역으로 상업지역(A 지역)과 주거지역(B지역)을 선정하였다. A지역은 진주시의 중

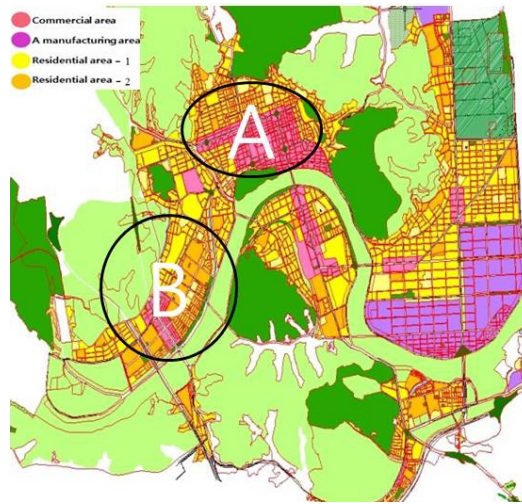


Figure 1. Land use map in Jinju

심상업지역이고, B지역은 택지개발에 의해 새로 조성된 아파트와 단독주택이 밀집된 주거지역이다. 진주시

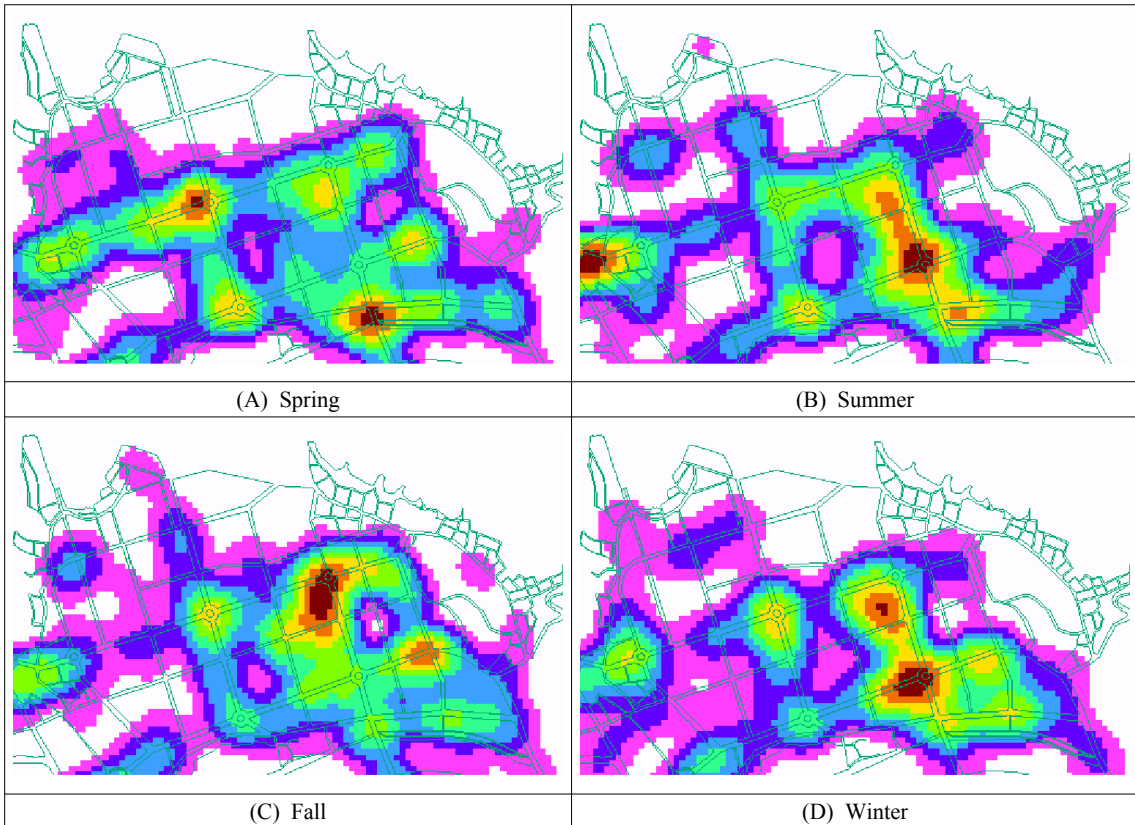


Figure 2. Seasonal traffic accident cluster analysis at commercial zone(2009~2013)

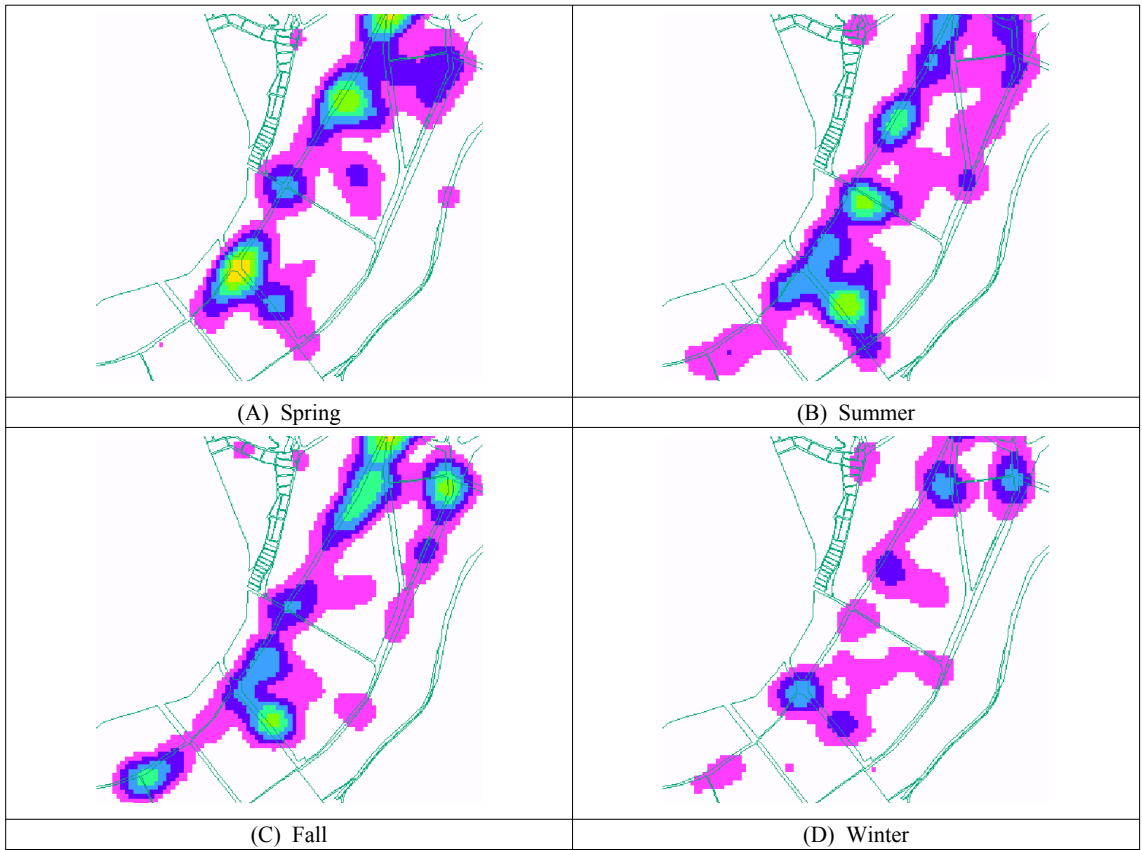


Figure 3. Seasonal traffic accident cluster analysis at residential zone(2009~2013)

의 교통사고 발생 패턴과 토지이용과의 연관성을 분석하기 위해 진주시의 5년간 교통사고데이터를 바탕으로

커널밀도분석을 통해 Fig. 2와 Fig. 3과 같은 결과를 도출하였다.

Table 7. Seasonal traffic accident type analysis in Jinju

Season	Car to person crash				
	etc.	Cross pass roadside zone	Pass sidewalk	Pass roadway	Cross walk
Spring	106	24	20	30	238
Summer	131	18	9	34	191
Fall	114	24	16	24	249
Winter	72	13	18	24	205
Total	423	79	63	112	883
Season	Car to car crash				
	etc.	Head-on Collision	Parking, stop Collision	Progress Collision	Side rightangle collision
Spring	138	51	131	88	475
Summer	103	44	126	94	424
Fall	137	33	124	94	403
Winter	82	44	86	68	363
Total	460	172	467	344	1,665

Fig. 2는 상업지역의 계절별 교통사고 밀도를 분석한 것이다. 진주시 상업시설은 A지역에 밀집되어 있으며 유동인구가 많아 계절변화에 영향을 받지 않고 꾸준히 교통사고가 발생하였으며 계절별 hot spot은 조금씩 이동하였다. 하지만 주거지역(Fig. 3)의 경우 겨울철에 밀도가 크게 낮아진 것을 알 수 있다. 이것은 겨울철의 경우 상업지역에 비해 주거지역에서 교통사고 발생 빈도와 밀도가 크게 감소되는 특징을 보여주었다.

토지이용과 교통사고 발생 유형을 계절별로 분석하였는데 그 결과는 Table 7과 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. Table 7은 계절별 교통사고 유형을 차 대 사람과 차대 차로 구분하여 나타내었다. 차 대 사람에 의한 교통사고의 경우 횡단중이 다른 사고유형에 비해 가장 빈도수가 높았으며, 계절별 발생순서도 가을에 가장 많이 발생하였고 그 다음으로 봄, 겨울, 여름 순이었다. 또한 차 대 차에 의한 교통사고의 경우 측면직각추돌이 압도적으로 가장 높았으며 계절별 순서는 봄, 여름, 가을, 겨울 순이었다. 이러한 교통사고 유형과 토지이용과의 관련성을 분석하기 위하여 교통사고 발생빈도가 가장 높은 횡단중과 측면직각추돌에 대해 상업지역과 주거

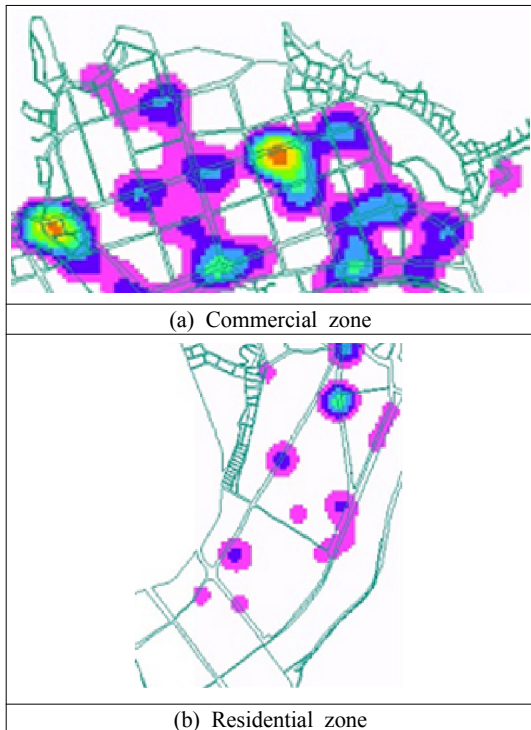


Figure 4. Traffic accident cluster analysis by land use(car to person crash)

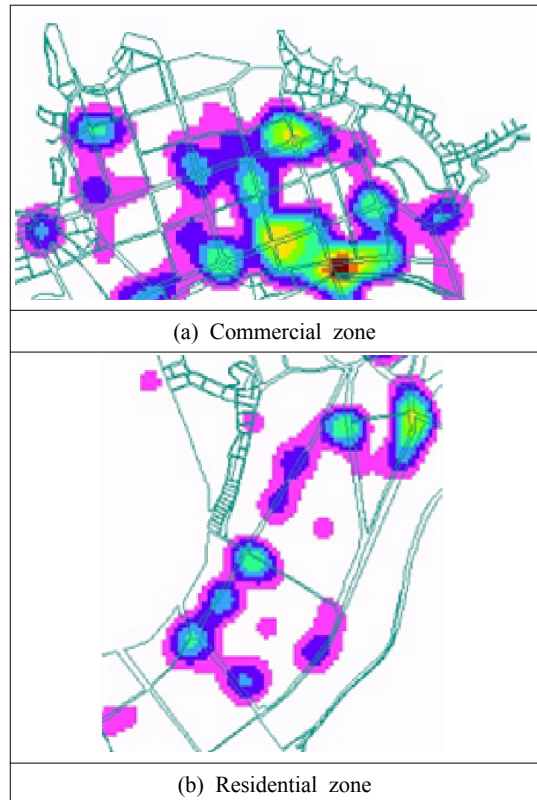


Figure 5. Traffic accident cluster analysis by land use(car to car crash)

지역으로 나눠 발생 빈도와 밀도를 분석하였다. 그 결과 Fig. 4와 Fig. 5에서 나타난 것과 같이 차 대 사람의 횡단중 교통사고의 경우 상업지역과 주거지역에서의 발생 패턴이 크게 차이를 알 수 있었다. 즉 주거지역이 상업지역에 비해 현저히 작음을 알 수 있다. 또한 차 대 차의 측면직각추돌의 경우 상업지역과 주거지역의 발생 패턴이 횡단중에 비해 차이가 작게 나타났다. 즉, 측면직각추돌은 횡단중에 비해 토지이용의 특성에 따른 영향이 작고 발생 범위가 광범위하게 발생하는 특징이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 지방 중소도시인 진주시를 대상으로 2009년부터 2013년까지의 5년간 교통사고 데이터를 시계열적으로 분석하여 계절별 교통사고와 주간·야간의 사고로 분류하고, 교통사고 위치데이터를 군집 분석하여 도시공간구조상의 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론

을 도출하였다.

첫째, 진주시에서 발생한 5년간의 교통사고의 발생빈도를 계절별로 분석한 결과 봄에 가장 많았고 겨울이 가장 작게 발생하였다. 또한 주간과 야간의 교통사고 발생빈도는 주간이 약 52%, 야간이 약 48%로 주간에 조금 더 많이 발생하였다. 또한 교통사고지점의 군집도는 봄철에 교통사고분포 군집성이 가장 강하고 겨울철이 가장 작게 나타났다. 주야간의 교통사고발생 군집도는 야간이 주간에 비해 군집도가 강하게 나타났다.

둘째, 토지이용별 교통사고 군집도 분석에서는 상업지역이 계절에 따른 교통사고 특성 변화가 크지 않은 것으로 나타났고 주거지역은 겨울철에 군집밀도가 크게 낮아진 것을 알 수 있었다.

셋째, 교통사고 유형에 따른 특성을 분석한 결과 차대 사람의 횡단중 교통사고는 주거지역이 상업지역에 비해 현저히 작음을 알 수 있었고, 차대 차의 측면직각 추돌사고의 경우 횡단중 사고에 비해 토지이용의 구분 없이 광범위하게 분포되어 발생하였다.

이상의 결과는 도시공간에서 계절별, 시간대별, 용도지역별 교통사고 발생 패턴을 파악하는데 중요한 정보가 될 수 있다. 이를 통해 유형별 교통사고 방지를 위한 구조물 설치, 신호체계 개선, 횡단보도 및 교량 증설을 위한 정보로 사용되어 교통사고 저감대책을 수립하는데 활용될 것으로 예상된다.

References

1. Hamaoka, 1995, Traffic accident analysis using GIS oriented data, Master's Thesis, Tokyo Institute of Technology.
2. KoROAD, 2015, TAAS, <http://www.koroad.or.kr>
3. Lee, G. H., 2003, A study of spatial patterns of traffic accident using GIS and spatial data mining method: a case study of Kangnam-gu, Seoul, Journal of the Korean Geographical Society, Vol. 39, No. 3, pp. 452-472.
4. Lee, H. Y. and Sim, J. H., 2013, Geographical Information Systems, Bobmunsa, pp. 373-383.
5. Oppe, S., 1992, A comparison of some statistical techniques for road accident analysis, Accident Analysis & Prevention, Vol. 24, No. 4, pp. 397-423.
6. O'Sullivan, D. and Unwin, D. J., 2010, Geographic information analysis, second edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, pp. 121-155.
7. Park, J. Y., 2011, Development of macroscopic traffic accident analysis model by regional characteristics, Master's Thesis, University of Seoul.
8. Sung, B. J. and Yoo, H. H., 2014, Pattern analysis for urban spatial distribution of traffic accident in Jinju, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 22, No. 3, pp. 99-105.
9. Sung, B. J., 2015, Temporal and spacial characteristics of traffic accident in Jinju, Master's Thesis, Gyeongsang National University.
10. Stastics Korea, 2015, E-Korea Index, <http://www.index.go.kr>