

진주시 교통사고의 도시공간분포패턴 분석

Pattern Analysis for Urban Spatial Distribution of Traffic Accidents in Jinju

성병준* · 유환희**
Sung, Byeong Jun · Yoo, Hwan Hee

要 旨

교통사고는 화재와 더불어 도시지역에서 발생하는 인위적 재해 중 가장 높은 비중을 차지하고 있어서 보다 과학적인 원인분석과 더불어 다양한 예방대책수립이 필요하다. 본 연구에서는 지방중소도시인 진주시를 대상으로 2013년 발생한 교통사고 데이터를 교통사고 발생 원인별 분석, 발생 시간 및 계절적 특성분석 등 위치정보와 연계하여 시공간적 분포특성을 분석하고 토지이용계획에 따른 도시공간개발 특성과 연계함으로써 교통사고와의 공간적 상관성을 분석하였다. 그 결과 사고유형별 사고 분포특성을 보면 측면직각추돌(차 대 차), 횡단중사고(차 대 사람)가 밀도분석과 최근린분석에서 가장 군집도가 높았으며, 중심상업지역과 고밀도 주거지역, 공업지역을 연결하는 도로 상에서 가장 많이 발생하는 특성을 보였다. 또한 피해상황에서는 인적피해가, 기상상태에서는 맑은 날이, 노면상태는 건조할 때가, 도로형태는 삼지교차로 일 때가 가장 높은 군집도를 보여주었다.

핵심어 : 교통사고, 밀도분석, 최근린분석, 토지이용계획, 공간적 상관성

Abstract

Since traffic accidents account for the highest proportion of the artificial disasters which occur in urban areas along with fire, more scientific an analysis on the causes of traffic accidents and various prevention measures against traffic accidents are needed. In this study, the research selected Jinju-si, which belongs to local small and medium-sized cities as a research target to analyze the characteristics of temporal and spacial distribution of traffic accidents by associating the data of traffic accidents, occurred in 2013 with the causes of traffic accidents and location information that includes occurrence time and seasonal features. It subsequently examines the spatial correlation between traffic accidents and the characteristics of urban space development according to the plans of land using. As a result, the characteristics of accident distribution according to the types of accidents reveal that side right-angle collisions (car versus car) and pedestrian-crossing accident (car versus man) showed the highest clustering in the density analysis and average nearest neighbor analysis. In particular, traffic accidents occurred the most on roads which connect urban central commercial areas, high-density residential areas, and industrial areas. In addition, human damage in damage conditions, clear day in weather condition, dry condition in the road condition, and three-way intersection in the road way showed the highest clustering.

Keywords : Traffic Accidents, Density Analysis, Nearest Neighbor Analysis, Plans of Land Using, Spatial Correlation

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

현대 사회는 급격한 경제 발전으로 인하여 하루가 다르게 성장해 나가고 있으며 삶의 질 향상과 더불어 안

전에 대한 관심이 높아지고 있다. 도시생활의 수준 향상은 도시를 관리하는 측면에서 볼 때 주거문제, 환경 문제, 교통사고, 범죄 등 부정적인 측면을 발생시키고 있어서 이에 대한 해결책을 찾기 위한 노력이 지속적인

Received: 2014.08.04, accepted: 2014.09.18

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

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

로 이뤄지고 있다. 특히 교통사고는 화재와 더불어 도시지역에서 발생하는 인위적 재해 중 가장 높은 비중을 차지하고 있어서 보다 과학적인 해결방안 모색과 더불어 예방대책수립이 필요하다.

이런 교통사고가 사회적인 문제로 대두되면서 최근 다양한 연구를 통한 대책이 강구되어 발생건수가 다소 감소되는 추세이지만 아직까지 높은 발생률과 사망률을 보이고 있다. 기존의 교통사고 관련 연구에서는 교통사고를 통계자료에 근거한 비공간적 접근으로 분석하였으나 현 시점에서는 비공간적 자료뿐만 아니라 해당 도시의 공간적 특성을 반영한 시공간적 분석을 통해 도시 교통사고를 여러 가지 공간패턴으로 분석할 필요가 있다(Sung, 2014). 교통사고는 도로구조 및 신호체계가 교통사고를 발생시키는 중요한 요인이 되는 것으로 평가되고 있지만 교통사고는 자동차 통행에 따라 발생하므로 토지이용과도 밀접한 관계가 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 지방중소도시인 진주시를 대상으로 2013년에 발생한 교통사고자료에 대해 도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS)을 통해 취득하고 이것을 이용하여 교통사고발생원인별 분석, 발생시간 및 계절적 특성분석 등을 위치정보와 연계하여 시공간적 분포특성을 분석함으로써 토지이용계획에 따른 도시공간개발 특성과 교통사고와의 공간적 상관성을 제시하는데 연구목적을 두고 있다.

1.2 선행연구 고찰

기존의 교통사고에 대한 선행연구는 다음과 같이 3가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫째로 도로시설적 측면에서 이뤄진 연구는 Lee (2005), Park(2006), Heo (2006), Kim(2007) 등에 의해서 도로구조, 안전시설, 교통량 등의 변수를 통해 사고에 영향을 미치는 요인을 분석하거나, 교통사고감소효과(Accident Reduction Effect; ARE)평가방법론 개발, 사고감소계수(Accident Reduction Factor; ARF) 추정모형 구축, 운전조건에 따른 교통사고 분석 등을 수행하였다. 둘째는 어린이보호구역에서 어린이의 행동특성과 어린이 교통사고 현황 분석, 교통사고를 예방할 수 있는 교통안전시설물의 제안이 이뤄졌다(Jo, 2009; Jo, 2009; Jeon, 2012). 마지막으로 지역의 공간적 특성을 고려한 연구로서 GIS와 공간 데이터마이닝 방법을 이용하였으며 지역의 개발특성과의 관련성을 분석하였다(Lee, 2003; Park, 2011).

이상의 선행연구들은 교통사고 발생지점에 대한 위치정보의 중요성이 강조되지 못하였으며, 특히 도시전체의 공간적 특성과 개발현황을 고려하여 교통사고 발

생원인을 분석하지 못하였음을 파악할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 도시를 개발하는데 중요한 요소인 토지이용현황과 이에 따른 교통사고원인을 연관시켜 분석함으로써 그 동안 비공간적 측면에서 주로 이뤄진 교통사고 패턴분석을 공간적 패턴분석에 근거하여 수행하였다.

2. 교통사고 데이터 공간패턴 분석

교통사고 위치를 나타내는 점 개체의 분포는 빈도와 밀도 그리고 군집도 등으로 표현될 수 있고 점 개체의 분포패턴은 규칙적, 임의적, 군집적 패턴으로 분류할 수 있다. 점 데이터의 분석은 점 개체들 간의 거리를 기준으로 하여 최근린 분석을 통해 점 개체간의 상호작용을 측정하는 방법이 있고, 점 밀도를 통하여 패턴을 분석하는 방법으로 커널분석이 있다(Lee et al., 2013). 최근린 지수는 대상지역에서 점 개체들간의 거리를 이용하여 점 분포패턴을 분석하기 때문에 모든 점 개체들간의 거리가 계산되어야 하고 인접하고 있는 점들간의 인식이 중요하다. 최근린 지수와 그 값에 대한 통계적 유의성은 다음과 같은 식으로 산출한다.

$$R = \frac{\overline{d_{\min}}}{E(d)}, \quad Z = \frac{\overline{d_{\min}} - E(d)}{\sigma_d} \quad (1)$$

여기서, $\overline{d_{\min}}$ 은 각 점에서 가장 가까운 점까지의 평균거리이고, $E(d)$ 는 임의적 분포일 때 예상되는 점들간의 기대거리로 $\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}$ 에 의해 산출 가능하다. λ 는 점 밀도를 나타낸다.

최근린 지수 값은 0에서 2.1491까지의 범위를 가지고 수치가 낮을수록 군집된 분포를, 수치가 높을수록 분산된 분포를 보여주고 표준정규분포 값은 -2.58에서 +2.58까지의 범위를 가지고 있으며, ± 1.96 보다 크거나 작은 값을 대상으로 군집된 패턴인지 분산된 패턴인지를 알 수 있다.

커널분석은 국지적인 공간밀도를 시각적으로 표현할 수 있고, 개념적 이해가 용이하여 직관적인 해석이 가능하기 때문에 점 데이터의 분포패턴을 시각화하는데 널리 활용된다. 특히 점 개체의 분포패턴을 분석하는 경우 특정 현상이 군집적으로 나타나는 점을 hot spot으로 표시한다. 일반적으로 가우시안 커널밀도 함수를 밀도 추정을 위하여 많이 사용하고 특정 지점 p에 대한 밀도는 다음과 같은 식에 의해서 추정된다(식 2).

$$\hat{\lambda} = \frac{n}{a} = \frac{no.[S \in A]}{a} \rightarrow \hat{\lambda} = \frac{no.[S \in C(p,r)]}{\pi r^2} \quad (2)$$

여기서 C(p,r)은 특정지점 p를 중심으로 반경 r에 해당하는 커널이고, 밀도가 추정되어야 하는 지점에서의 반경이라고 볼 수 있는 대역폭에 큰 영향을 받는다. 따라서 올바른 분석을 위해서는 적당한 대역폭 설정이 중요하다(Lee et al., 2013).

3. 결과분석

3.1 교통사고 통계자료 구축

진주에서 2013년에 발생한 교통사고자료는 도로교통공단 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System: TAAS)을 통해 취득하고 사고위치는 좌표변환을 하여 GIS에 구축된 기본도에 표시하였으며, 교통사고자료는 사고유형별로 분류하였다. 2013년도 진주시 교통사고 건수는 총 976건이고, 사망 25건, 중상 682건, 경상 581건, 부상 42건으로 나타났다.

동별로 발생한 교통사고 건수와 면적을 비교하면 교통사고 건수가 많은 성북동의 면적은 1.16km²로 km²당 125.8건의 교통사고가 발생하였고, 진주에서 가장 면적이 넓은 판문동(15.2km²)은 km²당 0.3건의 교통사고가 발생하였다. 뿐만 아니라 km²당 교통사고 건수

가 가장 높은 성북동은 오히려 사망자수는 0명이지만 km²당 9.8건의 교통사고가 발생한 가호동은 사망자수가 5명으로 진주에서 2013년 한 해에 가장 많은 사망자가 발생하였다(Sung, 2014).

3.2 교통사고 공간 패턴 분석

2013년에 발생한 진주시 교통사고를 5가지의 유형으로 분류하여 최근린 분석을 시행하였을 때 그 결과는 Table 1과 같다.

교통사고 요인들 중 최근린 지수 분석이 불가능한 요인들도 존재하는데 해당 요인들에 의한 교통사고 건수가 너무 작거나 없어서 분석이 불가능한 경우를 의미한다. 사고유형 중 차대차에서는 측면직 각추돌에 의한 교통사고가 최근린 지수 값이 0.55로 가장 군집된 형태를 보여주고 정면추돌에 의한 사고가 0.98로 차대차의 유형중 가장 분산적 분포를 보여주고 있다. 차대사람에서는 횡단 중 발생한 교통사고가 0.57, 길 가장자리구역 통행 중에 발생한 사고가 1.30, 피해상황에서는 인적피해가 0.43, 본인피해의 경우가 0.86, 기상상태는 맑음일 때 0.41, 흐림의 경우 0.96, 노면상태는 건조할 때 0.41, 습기의 경우 0.65, 도로형태는 삼지교차로 일 때 0.48, 직선로 일 때 0.68로 각각 군집도와 분산도를 보여주고 있다. 교통사고의 각 요인들 마다 가장 군집되어 있는 세부 요인이 존재하고 완전 분산된 분포를 보여주는 요인도 존재한다. 이런 요인들 중 최근린 지

Table 1. Nearest Neighbor Indexes of Traffic Accidents in Jinju

Type	Nearest Neighbor Indexes	Accident case	
Type of Accident	Head-on Collision	0.98	20
	Parking,Stop Collision	0.73	87
	Progress Collision	0.92	54
	Side Rightangle Collisions	0.55	280
	Pass Roadside Zone	1.30	13
	Pass Sidewalk	0.85	23
	Pass Roadway	0.86	26
	Cross	0.57	181
Damage Condition	Human Damage	0.43	397
	Complex Damage	0.49	550
	Personally Damage	0.86	29
Weather Condition	Clear Day	0.41	884
	Cloud	0.96	20
	Rain	0.65	66
Road Surface	Dry	0.41	896
	Humid	0.65	71
Road Form	Four Leg Intersection	0.52	135
	Three Way intersection	0.48	347
	Direct Route	0.68	39
	Cross Walk	0.51	441

수 분석이 불가능한 요인들도 존재하는데 해당 요인에 의한 교통사고가 진주시에서는 발생하지 않거나 횡수가 적어서 분석 자체가 불가능한 원인도 존재하였다.

최근린 지수 분석과 마찬가지로 2013년 교통사고 데이터를 5가지의 유형으로 구분하고 점 데이터의 공간 패턴을 분석하기 위해 커널분석을 시행하였다. 앞서 말한 것처럼 커널분석은 대상지역의 점 개체의 분포를 토대로 하여 대상지역 전체에 걸친 공간밀도를 추정하여 점 데이터들의 분포 패턴의 형태를 알아볼 수 있는 분석 방법이다. 최근린 지수는 군집도의 표현을 최근린 지수값과 Z-Score로 나타내고 커널분석은 점 데이터의 분포를 지도상의 분포로 나타낸다. 따라서 두 가지 분석방법을 함께 사용함으로써 수치화된 군집도를 시각적으로 다시 한번 확인함으로써 더 확실하게 교통사고 점 데이터의 공간분포 패턴을 분석하고자 한다. Fig. 1, 2는 2013년 모든 교통사고 위치를 표현한 지도와 진주시 토지이용계획도이다. 교통사고가 발생한 해당 지역에 대한 이해를 높이기 위해 토지이용계획도를 이용하여 진주시를 각 지역별로 A~E까지 구분하였고 범례 또한 상업지역, 공업지역, 주거지역-1(단독), 주거지역-2(연립)으로 구분하였다. A 지역은 진주시의 중심시가지이며 상업시설이 밀집되어 있는 상업지역이다. B 지역은 주거지역이며, C 지역은 대학가 주변 지역으로서 상업지역과 주거지역이 혼재되어 있는 지역이다. D 지역은 주거지역과 공업지역이 혼재되어 있는 곳이고 마지막으로 E 지역은 C 지역과 마찬가지로 대학가 주변 지역으로서 주거지역이 대부분 위치하고 있다. 2013년 교통사고를 분석해본 결과 상업지역이 많은 A 지역에 가장 많은 사고들이 밀집되어 발생하는 것을 확인할 수 있다.

사고유형별 사고 분포특성을 보면 측면직각추돌(차



Figure 1. Traffic accidents map in Jinju

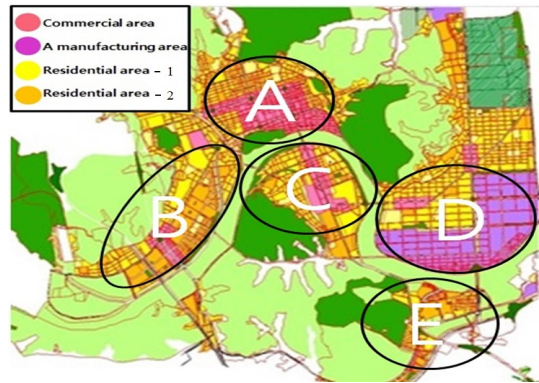


Figure 2. Land use map

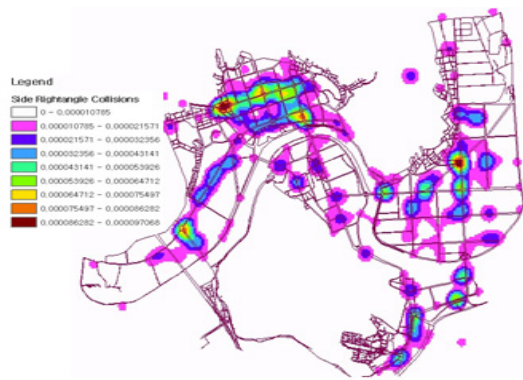


Figure 3. Accident distribution map by Type of Accident (Side rightangle collisions)

대 차)에 의한 사고가 가장 높은 군집도를 보여주고 있다(Fig. 3). 또한 정면추돌은 측면직각추돌과 달리 분산적인 분포를 나타냈다. 즉, 사고유형 중 측면직각추돌은 시내 전 지역에서 발생되고 있으며, 특히 중심상업지역(A 지역)과 고밀도 택지개발이 이뤄진 주거지역(B, D 지역)에 집중되어 발생하는 양상을 보이고 있으나 정면추돌은 사고건수도 작고 분산되어 발생하는 경향을 보여주고 있다.

사고유형별 특성에서 횡단중(차 대 사람)에 일어난 사고가 가장 높은 군집도를 보여주고 있으며, 중심상업지역과 주거지역, 공업지역을 연결하는 주 도로상(A-C-D 지역)에서 가장 많이 발생하는 특성을 보였다(Fig. 4). 그러나 길 가장자리 통행 중(차 대 사람)에 발생한 교통사고는 산발적으로 분산되어 나타나고 있다.

진주시 교통사고 특성을 차 대 차와 차 대 사람으로 구분하여 분석해보면 차 대 차에 의한 사고가 차 대 사람보다 더 많이 발생하고 있고 차 대 차에 의한 사고

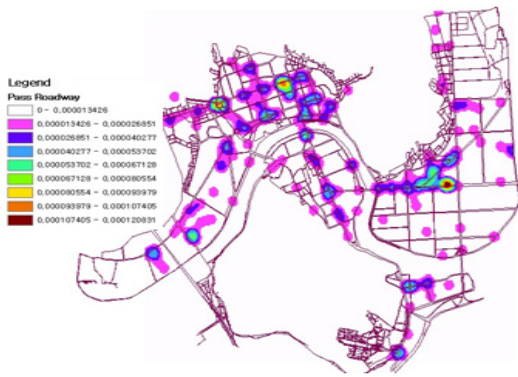


Figure 4. Accident distribution map by Type of Accident(Pass roadway)

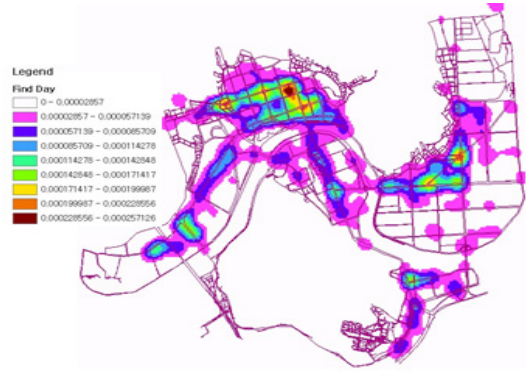


Figure 6. Accident distribution map by weather condition(Clear day)

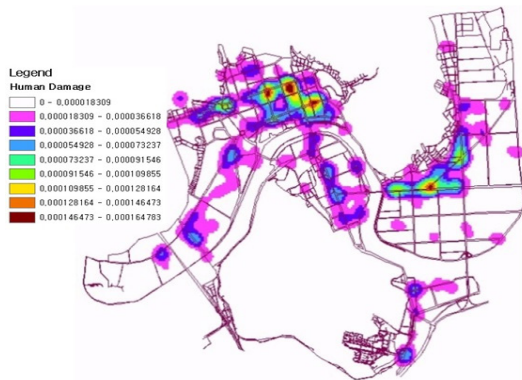


Figure 5. Accident distribution map by damage condition(human damage)

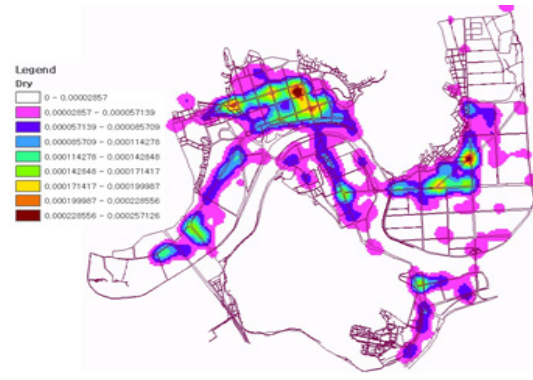


Figure 7. Accident distribution map by road surface condition(Dry)

중 측면직각추돌사고가 군집성이 높게 나타났으며, 차대 사람에 의한 사고에서는 횡단중사고가 군집성이 높게 나타나서 도시공간에서 토지이용 특성 상 중심상업지역과 고밀도주거지역에 집중되어 나타나고 있음을 알 수 있다.

피해상황별 사고분포에서 인적피해로 발생한 교통사고 유형이 가장 높은 군집도를 보여주고 있다(Fig. 5). 인구이동이 많은 대학교 주변지역인 E와 C 지역, 중심상업지역인 A지역 그리고 고밀도주거지역에서 높은 군집도를 보여주고 있으며, 그 중 A 지역이 가장 큰 군집도를 보여주고 있다. 이러한 특성은 사고가 많이 발생함에 따른 사고피해규모증가로 볼 수 있다. 그리고 본인피해 유형이 가장 분산적인 분포형태를 나타내고 있다.

기상상태별 사고분포와 노면상태별 사고분포는 기상조건과 교통사고간의 관련성을 알기위한 분석으로서 진주시역의 기후 특성 상 기상조건에 의한 영향이 작은

것으로 분석되었다. 즉, 맑은 날의 교통사고가 흐린 날보다 훨씬 많았으며(Fig. 6), 노면상태도 건조할 때가 습기가 있을 때보다 매우 많은 것으로 나타났다(Fig. 7). 그리고 중심상업지역과 고밀도 주거지역에서 군집되어 나타나는 특성을 보이고 있어서 앞서 분석된 사고유형별 분석의 결과와 매우 유사한 분포패턴을 보였다.

도로형태별 사고분포에서 삼지교차로, 사지교차로, 직선로, 횡단보도로 구분하여 분석하였는데 삼지교차로에서 발생한 사고의 공간분포패턴이 가장 군집되어 나타났으며(Fig. 8), 그 다음으로 횡단보도, 사지교차로, 직선로 순으로 군집되어 나타났다. 삼지교차로에서의 사고분포형태를 보면 중심상업지역과 고밀도 주거지역에 밀집되어 군집되어 나타나고 있어서 사고 다발지역을 중심으로 군집됨을 알 수 있다.

이상 5가지의 교통사고 유형에 대해 가장 군집적인 분포를 보여준 것과 가장 분산적인 분포를 보여준 것의

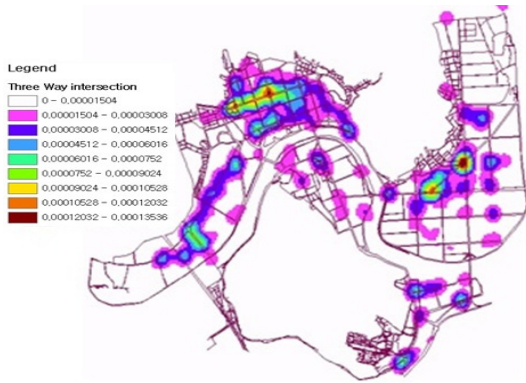


Figure 8. Accident distribution map by road form (Three way intersection)



Figure 9. Accident distribution map in each season

도시공간분포 패턴을 분석해 보았다. 그 결과 진주시의 교통사고는 유동인구가 가장 많고 상업시설이 밀집되어있는 중심상업지역(A 지역)에 교통사고가 군집되어 분포하는 형태를 보여주고 있고, 그 외에도 고밀도 주거지역이 밀집되어 있는 B 지역과 공단과 주거지역이 밀집되어있는 D 지역에서 발생한 교통사고가 높은 군집도를 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 교통사고 발생지점의 도시공간적 분포 특성을 계절별로 분석한 결과 Fig. 9와 같이 나타났다. 진주시의 도시개발이 동서방향으로 이뤄져온 것을 고려할 때 차량통행도 동서방향으로 활발히 일어나고 또한 교통사고 발생지점의 분포도 동서방향으로 분포되고 있음을 방향성 분석으로 알 수 있다. 방향성분석에서 얻어진 타원체의 장축은 북서-남동방향이고 단축의 방향은 북동-남서방향으로 나타났으며, 타원체의 크기는 계절별로 교통사고가 얼마나 군집되어 있는가를 알 수 있게 해주는데, 여름의 경우 가장 넓게, 가을이 가장 작게 분포되고 있

어서 계절에 따른 교통사고의 공간분포패턴이 약간 다르게 나타남을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 지방중소도시인 진주시를 대상으로 2013년 교통사고 데이터를 활용하여 교통사고 발생 원인별 분석 및 계절별 분석을 점 데이터 공간패턴분석을 하고 토지이용계획에 따른 도시개발 특성과 공간적 상관성을 연구하는데 목적을 두고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 최근근분석 결과 여러 조건 중 가장 교통사고가 군집하여 발생한 유형과 분산되어 발생한 유형을 알 수 있었으며, 각 유형은 다음과 같다. 교통사고유형 중 차대차에서는 측면직각추돌에 의한 교통사고가 가장 군집된 형태를 보여주고 정면추돌에 의한 사고가 가장 분산적 분포를 나타냈다. 차대사람에서는 횡단 중에 발생한 교통사고가 가장 군집하여 발생하였고, 길 가장자리구역 통행 중에 발생한 사고가 가장 분산적인 분포를 보여준다. 피해상황에서는 인적피해가, 기상상태에서는 맑은 날이, 노면상태는 건조할 때가, 도로형태는 삼지교차로 일 때가 가장 높은 군집도를 보여주었다.

둘째, 교통사고와 토지이용간의 연관성을 분석하기 위해서 밀도분석을 한 결과 교통사고가 군집되어 나타난 곳은 토지이용이 활발한 곳으로 파악되었으며, 사고유형별 사고 분포특성을 보면 측면직각추돌(차 대 차), 횡단중사고(차 대 사람)가 중심상업지역과 고밀도 주거지역, 공업지역을 연결하는 주 도로상에서 가장 많이 발생하는 특성을 보였다.

이상의 결과는 2013년도 진주시 교통사고자료를 중심으로 토지개발과 교통사고간의 관계를 분석한 결과이며, 시공간적 교통사고변화와 토지개발과의 관계를 규명하기 위해서는 다년간의 자료를 이용한 연구가 추가적으로 이뤄져야 한다. 그러나 과거의 교통사고자료에는 사고지점에 대한 정확한 위치좌표가 표시되어 있지 않아서 이에 대한 복구 작업을 현재 수행하고 있으며, 이 작업이 완료되면 다년간의 시공간적 변화특성을 분석하여 발표할 예정이다.

References

1. Chen, M. S., Han, J. and Yu, P. S., 1996, Data mining: overview from database perspective, IEEE Transactions Knowledge and Data Engineering, pp. 1-40.

2. Jeon, M. H., 2012, Traffic safety facilities to prevent car accidents in school zones, Master's Thesis, Hongik University Graduate School.
3. Jo, S. I., 2009, Analyses on the relations between school zone with gis and the incidence of car accidents, Master's Thesis, Korea National University of Education Graduate School of Education.
4. Jo, S. M., 2009, Study on environmental improvements and examinations of driver's consciousness in child safety area(school zone) for the prevention of traffic accidents, Master's Thesis, Ajou University ITS Graduate School.
5. Kim, T. Y., 2007, Analysis of loop and direct-ramp driving condition and traffic accidents in the case of Trumpet Interchange, Korean Society of Transportation, Vol. 2007, No. 3, pp. 404-411.
6. Lee, C. H., 2005, Analysis of the factors having an influence on the crossroad traffic accident and of their characteristics, Master's Thesis, Kyungil University Graduate School.
7. 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, The Korean Geographical Society, Vol. 39, No. 3, pp. 457-472.
8. Lee, H.Y. and Sim, J. H. ,Geographical information systems, Bobmunsa, pp. 373-383.
9. O'Sullivan, D., and Unwin, D. J., 2010, Geographic information analysis -2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, pp. 121-155.
10. Park, G. Y., 2006, Evaluation of accident reduction effect of road safety features and development of estimation model for accident reduction factors, Doctorate Thesis, University of Seoul Graduate School.
11. Park, J. Y., 2011, Development of macroscopic traffic accident analysis model by regional characteristics, Master's Thesis, University of Seoul Graduate School.
12. Sung, B. J., 2014, Spatial cluster analysis of traffic accidents in jinju City, Proceeding of Korean Society for Geospatial Information System, pp. 169-172.