

음이항 회귀모형을 이용한 공간구문론 및 도시특성요소가 범죄발생에 미치는 영향 연구

김형준* · 최 열**

Kim, Hyeong Jun*, Choi, Yeol**

A Study on the Influence of the Space Syntax and the Urban Characteristics on the Incidence of Crime Using Negative Binomial Regression

ABSTRACT

The aim of this study is to specifically understand the characteristics of the crime by empirical analysis for the determining factors that affect determining the crime through the space syntax in Busan. In this study, poisson regression and negative binomial regression were used for accurate analysis. 8 variables that were significant of the total 13 variables. The summary if this study based on the results is as follow. Statistically significant variables are female ratio, over 65 population ratio, administration are and commercial area ratio in characteristics. And the more CCTVs a region has, the lower crime rate it shows. As a results of examing whether space syntax variables can predict crime occurrence places. Space with low connectivity come to be a crime causal factor because they have few other related spaces and thereby have low possibility of sudden appearance of interrupters, which results in low surveillance levels of foot passengers. It will provide the basic data that can contribute to urban planning and implementation of crime prevention aspects.

Key words : Crime, Space syntax, Poisson regression, Negative binomial regression

초록

본 연구는 부산광역시를 대상으로 범죄발생에 영향을 미치는 요인 특히, 공간구문론에 의한 영향을 분석한 실증적 연구이다. 정확한 분석을 위해 본 연구에서는 가산자료 분석의 대표적 방법인 포아송 회귀분석과 음이항 회귀분석을 활용하여 분석을 수행하였다. 5대 범죄발생에 미치는 영향을 분석한 결과, 총 13개 변수 중 8개 변수가 유의하게 나타났다. 인구학적 특성변수에서는 여성인구비율, 65세 노인인구 비율이, 토지이용 특성변수에서는 행정구역면적과 상업지면적비가 통계적으로 유의하게 나타났다. 범죄대응 특성변수인 CCTV는 그 수가 증가할수록 범죄발생은 감소한다고 나타났다. 공간구문 특성변수에서는 연결도, 국부통합도, 전체통합도가 통계적으로 유의하게 나타났다. 그 중에서 연결도는 그 수치가 낮을수록 연결된 다른 공간이 적기 때문에 갑작스런 방해자의 출현 가능성이 낮고, 통행인에 의한 감시도가 낮아져 범죄발생 요인이 되는 것으로 나타났다. 이러한 분석들을 통해 본 연구는 차후 범죄예방적 측면의 도시계획 입안 및 실천에 기여할 수 있는 기초적 자료를 제공하고자 한다.

검색어 : 범죄, 공간구문론, 포아송 회귀모형, 음이항 회귀모형

* 부산대학교 도시공학과 박사수료 (Pusan National University · flowersn@nate.com)

** 종신회원·교신저자·부산대학교 도시공학과 교수 (Corresponding Author · Pusan National University · yeolchoi@pusan.ac.kr)

Received January 17, 2016/ revised February 4, 2016/ accepted March 11, 2016

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

사람은 누구나 안락하고 행복한 삶을 누릴 권리가 있다. 하지만 도시 공간 곳곳에서 발생하는 범죄는 도시민의 삶을 위협하고 있다. 우리나라는 경제성장을 이루며 양적으로 질적으로 풍요로움을 누리게 되었지만, 그 이면 부작용으로의 하나로 나타난 안전위협, 특히 범죄발생이 중요한 도시문제로 대두되었다.

범죄 발생장소를 분석하면 공통적인 특징을 알 수 있다. 그 중 하나가 물리적 환경의 특성이다. 인적이 드물고 좁은 길, 주택가의 미로 같은 골목길 등의 공간 환경적인 특징이 범죄발생을 일으키는 요인이 되고 있다. 이와 같은 범죄는 경찰에 의한 단속이나 범죄자의 처벌, 교육 등으로는 완전히 해소시킬 수 없다. 따라서 범죄를 사전에 예방할 수 있도록 건물이나 지역-공간 등의 환경이 가지고 있는 범죄발생 요인을 분석하고 통제하고자 하는 노력이 중요하다.

범죄를 예방할 할 수 있는 도시공간을 조성하기 위해서는 범죄 현상을 정확히 분석하고, 이해하기 위한 연구가 필요하다. 특히 도시계획분야에서는 범죄에 영향을 미치는 공간의 구조적 특징을 정량적으로 파악하고 범죄발생을 사전에 예방할 수 있는 다양한 연구가 필요하다. 하지만 이에 대한 국내의 연구사례는 다소 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 공간적·구조적 특성을 계량적이고 객관적으로 분석해주는 기법인 공간구문론(Space Syntax)을 활용하고자 한다. 즉, 공간구문론을 통하여 연결도, 통제도, 통합도가 각각 어떻게 범죄발생에 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 또한 본 연구에서 고려한 변수로 인구학적 변수뿐만 아니라, 토지이용 특성(주거지역, 상업지역, 공업지역) 및 범죄발생의 방어기제 역할을 하는 CCTV 설치 수를 변수로 이용하여 범죄발생에 영향을 미치는 정도를 실증적으로 분석하고자 한다. 따라서 공간구조적 특성, 인구학적 특성, 토지이용 특성 및 범죄대응 특성이 범죄발생에 어떠한 영향을 미치는지 규명하는 것이 본 연구의 목적이라고 할 수 있다. 그리고 본 연구의 결과를 통해 차후 범죄예방적 측면의 도시계획 입안 및 실천에 기여할 수 있는 기초적 자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구대상 및 방법

본 연구는 동별 범죄발생 건수의 자료구득이 가능한 부산광역시 16개 구·군 중 205개 동, 2개 읍, 3개 면을 대상으로 분석하였다. 부산시 내 공간구조-범죄대응 특성과 범죄발생 사이의 인과관계 분석을 위하여 본 연구에서는 다양한 자료를 통합하여 단일 자료로 구축하였다. 부산시 5대 범죄(살인, 강도, 강간, 폭력, 절도)발생 건수에 대한 자료는 2013년 현재 부산시 각 경찰서에서 제공받은

범죄 자료를 이용하였다. 각 경찰서에 구축된 범죄발생 자료는 행정동별로 정확히 구분되어 있지 않고, 2~4개 행정동이 포함된 자료도 있었다. 이러한 자료는 범죄발생 건수를 행정동별 인구수에 근거하여 산출하였다. 독립변수 중 인구학적 특성 및 토지이용 특성, 범죄대응 특성 변수는 부산시청 홈페이지, 통계청에서 제공하고 있는 자료를 활용하였다. 공간구문 특성은 각 행정동별 연결도, 통제도, 통합도 값의 합 평균을 구하여 분석하였다.

정확한 분석을 위해 본 연구의 종속변수인 5대 범죄건수 즉, 가산자료 분석의 대표적 방법인 포아송 회귀모형(Poisson Regression)과 음이항 회귀모형(Negative Binomial Regression)을 활용하여 분석을 수행하고자 한다. 그래서 두 모형 중 더 적합한 분석모형의 결과를 바탕으로 공간구조적 특성, 인구학적 특성, 토지이용 특성 및 범죄대응 특성이 범죄발생에 얼마나 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

2. 이론 및 선행연구 고찰

2.1 공간구문론

공간구문론(Space Syntax)은 Bill Hiller & Hanson julienne 등에 의해 개발된 대표적인 정량적 공간분석기법이다. 공간구조를 구성요소 단위 공간 간의 상호연관성에 주목하여 공간배치형태상의 위상학적 중심성, 접근성, 동선효율성 등의 공간속성을 분석하는 기법이다(Hiller and Julienne, 1984). 즉, 공간 구조에 내재되어 있는 사회적 특성을 객관적이고 정량적인 방식으로 보여주는 분석 기법이라고 할 수 있다. 이러한 공간구문론의 활용을 통해서 각 단위 공간간의 관계 그리고 이들을 연결하는 동선들과의 연결 관계를 파악하고, 해당 건물 공간에서 일어날 수 있는 사회적 교류의 양상을 설명할 수 있다(Hiller, 1996).

공간 구조를 공간구문론으로 분석하는 과정은 우선, 분석 대상의 공간 구조 경계를 설정하고, 해당 공간 구조를 단위 공간으로 분해하여 이들 간 연결 관계를 설정한다. 최종적으로는 단위 공간 간 연결 관계에 대한 정량적인 분석 지표를 산출하는 방식으로 진행된다.

공간구문론에서 일반적으로 활용되는 지표에는 연결도(Connectivity), 통제도(Control), 통합도(Integration) 등이 있다.

연결도는 한 공간에서 직접적으로 접근할 수 있는 공간의 수를 의미한다. 연결도가 크다는 것은 다른 공간으로 연결된 축선이 많아, 공간 간의 이동이 쉽다는 것을 의미한다. 또한 공간 활용성에 밀접한 관계를 갖는데, 이는 연결도가 높은 공간일수록 주민의 공간 활용성이 높아지기 때문이다. 따라서 연결도를 통해 공간 활용성에 따른 범죄 발생을 알 수 있다.

통제도는 연결도를 발전시킨 개념으로 한 공간에서 인접공간과

의 통제정도를 나타내는 것이다. 각각의 공간은 n 개의 인접한 이웃 공간을 가지고 있는데, 이 때 통제정도를 $1/n$ 으로 가정하여 인접 공간 각각의 통제도의 총합으로 계산한다. 일반적으로 1이상이면 인접공간과 통제성이 높고, 1보다 작으면 통제성이 낮다고 볼 수 있다. 통제도가 약하다는 것은 주변으로 직접 연결되는 공간의 수는 적은 대신, 직접 연결된 각각의 공간들과 그 주변 공간들과는 높은 연결도를 갖는 개방적 공간임을 의미한다. 따라서 통제도를 통해 공간의 개방성에 따른 범죄 발생을 알 수 있다.

통합도는 전체통합도(Global Integration)와 국부통합도(Local Integration)로 구분할 수 있으며, 각각의 공간에서 전체공간에 얼마나 쉽게 접근할 수 있는가를 나타내는 지표이다. 전체통합도는 분석대상 공간뿐만 아니라, 주변지역의 공간들까지 포함한 모든 공간들에서의 각 공간의 통합도를 의미한다. 일반적으로 전체통합도가 1이하인 경우는 공간이 상호 분리되어 있는 분리성이 강한 반면 1.7이상이면 통합성이 강한 공간이라고 할 수 있다. 즉, 특정 공간의 전체통합도가 크다는 것은 그 공간이 전체 공간구조상 중요성이 크다는 것을 의미한다. 따라서 통합도를 통해 도시전체의 인지도 및 도시 공간구조상 중요성에 따른 범죄 발생을 알 수 있다. 국부통합도는 각 공간으로부터 몇 개의 공간까지지만 고려하여 통합도를 계산한 것이다. 일반적으로 해당공간을 중심으로 3개의 공간까지만 고려한다. 따라서 본 연구에서도 국부통합도를 3개의 공간까지만 고려하여 분석하였다.

2.2 선행연구

도시범죄와 관련된 국내의 연구들은 초기에 방어공간에 대한 이론적이고 규범적인 차원에서 주로 연구가 진행되어 왔다. 이후 정책적 실생활에 적용될 수 있는 CPTED 영역으로까지 발전하였지만, 연구방법상 이들 연구는 주로 사례연구 및 각 대상지의 특성과 범죄발생의 연관성을 분석하는 실태분석연구들이 주를 이루었다. 이외는 달리 보다 실증적이고 정량적인 방법으로써 공간구문론을 활용한 연구들이 나타났는데, 초기에는 주로 통행량 예측과 관련한 연구들이 수행되었다.

최근 범죄의 특성 분석을 위해 공간구문론을 적용하고자 했던 연구자들은 도시범죄패턴에 영향을 미칠 수 있는 공간구조적, 사회학적, 인구통계학적 요인들에 관심을 갖기 시작하였다. 공간구문론을 이용한 상당수의 연구들, 특히 재산범죄와 관련한 연구들은 지역적 감시를 증대시키고 비거주자의 인과적인 침입의 배제를 강화토록 하는 것을 중요한 요소로 다루었다. 이는 Newman (1973)의 조직화되지 않은 폐쇄된 공간들에서 오히려 범죄들이 집중하는 경향을 보이고 있음에 주목하였다. 그리고 자연스러운 이동을 방해하는 공간구성 형태를 보이는 지역에서는 공간을 점유하고 이용하는 사람들이 충분히 존재하지 못함으로써 범죄자에게 더 많은

범죄기회요인을 제공할 가능성이 크다고 하였다(Hiller, 1998; Shu, 1999). 이후 많은 경험적 연구들은 접근성이 높은 장소들에서 범죄율이 낮은 경향을 보이고, 접근성이 낮은 지역들에서는 보다 높은 범죄율을 보이고 있음을 증명해 보였다. 이는 거리의 감시자(eyes of streets)의 개념을 처음 도입한 Jacobs와 자연스러운 이동(natural movement)의 중요성을 주장한 Hiller의 주장을 지지해주는 결과이다(Jones and Fanek, 1997; Shu and Huang, 2003). 하지만 모든 공간구문론 연구들이 이러한 결과를 지지하는 것은 아니다(Nubani and Wineman, 2005; Baran et al., 2007). 이러한 상반된 연구결과는 연구대상지역의 분석단위 차이와 연구지역에서의 거주자들의 다른 생활양식에 따른 결과라 할 수 있다(Nubani and Wineman, 2005). 또한 범죄유형의 세부적인 차이 역시 연구결과와의 일관성을 저해하는 주요한 요인이라 하였다. 이러한 사실은 공간구조적 특성과 범죄발생 사이의 영향관계는 단순한 차원의 문제가 아닌 매우 복잡한 다차원적인 문제로써, 일단의 정교한 가정을 전제로 세심한 분석과정과 주의 깊은 해석이 요구되는 부분이라고 할 수 있다.

범죄에 영향을 미치는 도시의 공간구조적 특성을 밝혀냄으로써 범죄발생을 미연에 방지할 수 있는 정책대안 마련이 현실적으로 요구되고 있으나 이에 대한 국내의 연구사례는 부족한 실정이다.

먼저 공간구문론과 관련된 국외의 연구사례를 보면, Shu and Huang (2003)은 주거침입절도와 공간구문변수들과의 상관관계를 연구하였다. Nubani and Wineman (2005)은 범죄유형별로 공간적 분포 특성과 공간구문간의 상관분석을 수행하였다. 그 결과, 국부통합도와 연결도가 높은 공간에서 범죄율이 증가함을 보였다. Baran et al. (2007)은 전체통합도가 높은 공간일수록 범죄율이 높다고 하였고, 연결도와는 토지이용패턴에 따라 정(+)의 관계와 부(-)의 관계를 동시에 가진다고 하였다.

국내의 연구사례를 보면, Kwon (2007)는 분당신도시를 대상으로 도시공간과 범죄와의 관계를 규명하고자 하였다. 공간구문론을 활용하여 분석한 결과, 통합도에 따라 강도 및 절도범죄가 달라짐을 보여주었다. 또한 자연감시가 잘 이루어지는 공간에서 범죄발생률이 낮다는 기존의 연구 결과와 달리, 사람들의 이동이 많은 공간에서 범죄자의 익명성이 보장되므로 오히려 범죄발생률이 높아질 수 있다고 해석하였다. 그 외에도 범죄발생률과 공간구조적 특성들과의 관계를 규명하고자 한 연구들이 있었다(Kim, 2007).

그 외에도 범죄예방을 위해 다양한 특성들을 고려한 연구들이 있다. 인구학적 특성, 사회·경제적 특성, 공간적 특성을 도시특성요소로 정의하여 범죄와의 관계를 분석한 연구들이다(Choeng and Park, 2010; Lee, 2010; Kim and Lee, 2011; Cheong, 2014).

Kim and Lee (2011)는 사회·경제적 요인이 수도권 5대 범죄 발생률에 미치는 영향을 분석하였다. 인구수, 청소년 인구수, 경찰

수, 토지용도 등을 이용하였으며, 모두 유의하게 나타났다. Cheong (2014)은 주거이동비율, 외국인비율, 인구밀도, 숙박·음식업 비율, 단독주택 비율 등을 변수로 이용하여 범죄와의 관계를 분석하였다.

공간구문론에 기반한 도시범죄 연구를 보면, 범죄발생여부와 공간구문변수와의 직접적인 상관관계만을 다루고 있을 뿐, 토지이용행태 및 기타 지표들과의 통합적 고려가 부족하였다. 특히, 국내의 연구는 주로 공동주택단지나 단독주택지역만을 대상으로 하고 있어 도시지역 전체를 대상으로 한 연구가 부족하다. 따라서 본 연구는 부산시 전체를 대상으로 공간구문 변수뿐만 아니라, 도시특성요소들도 고려하여 많은 연구에서 다루지 못 한 행정동별 단위로 분석하고자 한다.

3. 추정모형

본 연구의 종속변수인 범죄건수는 음의 값을 가질 수 없는 가산 자료이다. 이러한 가산자료를 분석할 경우에는 제곱근 변환이나 로그 변환을 실시해도 이분산성과 비선형이 해결되지 못하는 한계를 가지고 있다. 그래서 최소자승법(OLS)에 근거한 선형회귀모형은 적합하지 않고, 가산자료에 적합한 분포함수를 가진 모형을 구축, 분석하는 것이 더 바람직하다고 할 수 있다. 대표적으로는 포아송 분포에 근거한 포아송 분석(Poisson Regression)과 음이항 회귀분석(Negative Binomial Regression)이 있다(Allison, 1999; Choi, 2005).

포아송 회귀모형은 포아송 분포의 특성상 평균과 분산이 동일하여야 한다는 제약조건이 따른다. λ 는 y 의 평균값이며, $r! = r(r-1)(r-2)\dots(1)$ 이다. y 는 정수만을 가질 수 있지만, λ 는 양수를 가질 수 있다. λ 가 커질수록 최빈수는 0에서 멀어지고 분포는 점점 정규분포와 유사한 형태를 띠게 된다. 또한 포아송 분포는 평균과 분산이 같다.¹⁾

1) 포아송 회귀는 OLS와 달리 과대산포(overdispersion)에 의해 민감한 영향을 받기 때문에 모형의 적합도 검정(goodness-of-fit test)을 위해 피어슨 통계량 X^2 과 우도비 통계량 G^2 을 사용한다. 적합도값 $\hat{\mu}_i$ 가 5이상이고 수준수 N 이 고정되어 있을 때 두 통계량은 근사적으로 카이제곱분포를 따른다(Agresti, 1996; Choi, 2005). 만일 포아송 회귀에 심각한 영향을 끼칠 수 있는 과대산포가 존재한다면 척도화피어슨 카이제곱(Scaled Pearson chi-square)값이나 척도화편차(Scaled Deviance) 의해 수정되어야 한다. 척도화피어슨 카이제곱통계량은 자유도에 대한 카이제곱적합도 검정비를 결과를 C라 할 때 각 계수에 대해 카이제곱통계량을 C로 나눈 뒤 각 계수의 표준오차를 C의 제곱근과 곱하여 구할 수 있다. 척도화편차(Scaled Deviance)도 척도화피어슨 카이제곱통계량과 같은 방법으로 나누어 피어슨 카이제곱통계량에 해당하는 값을 구할 수 있으며 두 통계량은 대부분의 경우 거의 유사하지만, 준가능도(Quasi-likelihood)추정 이론은 피어슨카이제곱통계량을 사용하라고 제안하고 있다(Stokes et al., 2000). 따라서 본 연구에서도 피어슨카이제곱통계량을 사용하고자 한다.

$$\Pr(y = r) = \frac{\lambda^r e^{-\lambda}}{r!}, r = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

하지만 Cox (1983) 및 McCullagh and Nelder (1983) 등은 현실 자료에서는 평균보다 분산이 크게 나타나는 문제가 종종 발생하는데, 이러한 과대산포(over dispersion)가 존재하는 자료를 포아송 회귀모형에 적합시키면 회귀계수 추정량의 표준오차가 편향되는(biased) 현상이 발생하게 된다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 포아송 회귀분석과 더불어 가산자료 분석의 대표적 방법인 음이항 회귀분석(Negative Binomial Regression)을 추가 활용하여 분석을 수행하고자 한다.

음이항 회귀분석은 포아송 분포와 감미분포의 혼합에 의해 생성된다. 독립변수 X_1, X_2, \dots, X_k 이 주어질 경우 종속변수 Y_i 가 이러한 음이항 분포를 따른다고 가정하는 회귀모형이다(McCullagh and Nelder, 1983; Jong and Heller, 2008).

$$\begin{aligned} P(Y_i = y_i; X_1, X_2, \dots, X_k) & \quad (2) \\ &= \frac{\Upsilon(y_i + \alpha^{-1})}{\Upsilon(\alpha^{-1})\Upsilon(y_i + 1)} (1 + \alpha\mu_i)^{-\alpha^{-1}} (1 + \alpha^{-1}\mu_i^{-1})^{-y_i} \\ &= \frac{\Upsilon(y_i + \alpha^{-1})}{\Upsilon(\alpha^{-1})\Upsilon(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \alpha\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\alpha\mu_i}{1 + \alpha\mu_i}\right)^{y_i} \\ & y_i = 0, 1, 2, \dots \end{aligned}$$

이때 α 는 과대산포를 나타내는 모수이며, μ_i 는 기댓값을 나타낸다.²⁾

4. 분석결과

4.1 변수구성 및 기초통계

구축된 자료를 분석의 목적에 맞게 Table 1과 같이 변수를 구성하였다. 종속변수는 부산시 행정동별 5대 범죄발생 건수이다. 독립변수는 Nubani and Wineman (2005)과 Baran et al. (2007), Jeong (2010), Cheong (2014) 등의 연구를 바탕으로 크게 4가지 특성으로 구분하였다. 이들 연구에서 유의한 변수로 나타난 유흥업소 수, 경찰관 수, 청소년 수 등 다양한 변수들이 있지만, 본 연구에서

2) 음이항 회귀모형에서 MLE를 유도하기 위한 로그우도함수는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} l(y_i, \alpha, \mu_i) &= \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{y_i} \log(\alpha y_i + 1 - \alpha j) \right] \\ & - (\alpha^{-1} + y_i) \log(1 + \alpha\mu_i) + y_i \log\mu_i - \log(y_i!) \end{aligned}$$

Table 1. Summary of Variables and Descriptive Statistics

Classification		Variables	Unit measure	N	Mean
Dependent variables		5 Major Crime	count	210	113.8
Independent variables	Characteristics of Demography	Female Ratio	%	210	0.5011
		Population Density	person/km ²	210	4628
		Over 65 Population Ratio	%	210	0.1479
		Foreigner Ratio	%	210	0.0127
		Administration Area	km ²	210	3.6658
	Characteristics of Land Use	Residential Area Ratio	%	210	0.1413
		Commercial Area Ratio	%	210	0.0243
		Industrial Area Ratio	%	210	0.0614
		Characteristics of Crime Response	Number of CCTV	count	210
	Characteristics of Space Syntax	Connectivity	Total Average	210	9.5815
		Control		210	1.9421
		Local Integration		210	3.4285
Global Integration		210		0.6217	

는 행정동 단위의 자료 구득의 어려움으로 좀 더 다양한 변수들을 고려하지 못 하였다. 세부적으로 인구학적 특성변수는 여성인구 비율, 인구밀도, 65세 이상 인구 비율, 외국인 비율로 구성하였고, 토지이용 특성변수는 행정구역면적, 주거지면적비, 상업지면적비, 공업지면적비, 범죄대응 특성변수는 CCTV 수, 마지막으로 공간구문변수는 연결도, 통제도, 국부통합도, 전체통합도로 설정하였다.

기초통계분석 결과를 보면, 부산시 210개 읍·면·동에서 평균적으로 113.8개의 5대 범죄가 발생하였다. 본 분석에서 중요하다고 생각되는 범죄대응 특성변수와 공간구문변수를 살펴보면, CCTV 수는 평균적으로 12개가 설치되어 있다. 그리고 공간구문변수는 부산시 전체에 대한 연결도, 통제도, 통합도를 각 읍·면·동에 속해있는 축선도의 평균값을 계산한 것이다.

음이항 회귀분석은 각 변수들의 척도가 크게 차이가 나지 않을 것을 요구하고 있다. 따라서 각 변수들의 평균 비율 차이가 10배 이하가 될 것을 권고하므로(Land et al.), 분석의 안정성을 위하여 인구밀도는 10으로 나누고, 그 외 특성변수들은 곱해서 종속변수인 범죄발생 건수에 맞춰서 분석하였다.

4.2 분석결과

본 연구에서 사용한 분석인 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형 중 최적 모형을 선택하기 위해서, 모형 선호 기준통계량인 로그우도(Log Likelihood) 및 AIC로 평가하였다. 일반적으로 로그우도값이 크고, AIC 값이 작을수록 선호 모형으로 판단한다. 분석결과인 Table 2를 살펴보면, 두 개의 모형 중 음이항 회귀모형이 더 적합하게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 음이항 회귀모형을 중심으로 살펴보겠다.

5대 범죄발생에 미치는 영향을 분석한 결과, 총 13개 변수 중 8개 변수가 유의하게 나타났다. 먼저 인구학적 특성변수를 살펴보면, 여성인구비율이 99% 유의수준에서 유의하게 나타났는데, 이는 전체 인구 중 여성인구의 비율이 높을수록 범죄발생에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타남을 알 수 있다. 일반적으로 여성은 범죄에 취약할 것이라는 가정과 일치한 결과라고 할 수 있다. 그리고 전체 인구 중 65세 노인인구의 비율이 높을수록 범죄발생에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 노인은 골목길 등에서 감시자의 역할을 수행함으로써 범죄발생을 낮춰줄 것이라는 예상과는 달리 본 연구에서는 주야간 전체 범죄발생 건수를 고려하였기에 이에 해당되지 않은 것으로 보인다. 따라서 본 결과는 노인이 사회적 약자로서, 범죄의 피해대상이 쉽다는 점과 2014년 대검찰청 통계자료의 결과와 같이 점차 노인들의 범죄가 증가하고 있다는 점을 반영하고 있다.

토지이용 특성변수에서는 행정구역면적과 상업지면적비가 각각 95%, 99% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 행정구역면적은 부(-)의 영향을 미치는 것으로, 행정구역면적이 증가할수록 범죄발생이 감소한다고 볼 수 있다. 상업지면적비는 범죄발생에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 상대적으로 타용도지역보다 다용도인구 수가 많아서, 범죄가 일어날 확률이 높은 것으로 사료된다. 한편에서는 상업지역이 주거지역보다도 보안장비 및 접근통제가 엄격하게 지켜짐으로써, 범죄율이 낮아진다고 볼 수도 있지만 본 결과는 정(+)의 관계로 나타났다.

범죄대응 특성변수인 CCTV 수는 부(-)의 영향으로 CCTV 수가 증가할수록 범죄발생은 감소함을 알 수 있다. CCTV는 부족한 경찰 인력과 방법 장비를 보완해주는 중요한 시설로 범죄의 예방과

Table 2. Results of Analysis using Poisson Regression and Negative Binomial Regression

Classification	Variables	Poisson		Negative Binomial	
		Estimate	t-value	Estimate	t-value
Intercept		-205.432**	-11.03	-204.432**	-9.03
Characteristics of Demography	Female Ratio	34.254**	5.37	34.253**	4.64
	Population Density	0.351	0.68	0.355	0.43
	Over 65 Population Ratio	0.156**	5.02	0.156**	4.84
	Foreigner Ratio	0.0625	0.23	0.0624	0.15
Characteristics of Land Use	Administration Area	-0.533*	2.01	-0.572*	1.99
	Residential Area Ratio	0.264	0.31	0.256	0.06
	Commercial Area Ratio	0.158**	4.71	0.184**	3.54
	Industrial Area Ratio	-0.205	0.68	-0.214	0.28
Characteristics of Crime Response	Number of CCTV	-4.513**	6.23	-4.535**	4.45
Characteristics of Space Syntax	Connectivity	-1.236**	-24.34	-1.223**	-11.65
	Control	-1.862	-0.13	-1.848	-0.19
	Local Integration	0.685**	5.56	0.665**	3.56
	Global Integration	1.567*	1.98	1.589*	2.05
Scaled Deviance		358.564		316.845	
Pearson Chi-Square		1,358.864		1,451.865	
Scaled Pearson χ^2		386.418		389.486	
Log Likelihood		-135.628		-114.656	
AIC		2865		2348	

* P<0.05, ** P<0.01

통제에 있어 효과적인 수단이라는 점이 본 연구의 분석 결과를 통해 재확인되었다고 볼 수 있다. 특히 방범용 CCTV는 절도와 강도 등 재산범죄에 대해서 더 큰 예방효과를 보인다고 하였다 (Whelsh and Farrington, 2009; Park and Choi, 2009).

공간구문 특성변수에서는 연결도, 국부통합도, 전체통합도가 각각 99%, 99%, 95% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 연결도는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 연결도가 낮은 공간은 연결된 다른 공간이 적기 때문에 갑작스런 방해자의 출현 가능성이 낮고, 통행인에 의한 감시도가 낮아져 범죄발생 요인이 된 것으로 보인다. 반대로 연결도가 낮은 공간은 탈출통로가 적기 때문에 범죄를 억제시킬 수 있는 변수라고 생각될 수 있다. 하지만 일반적으로 범죄를 억제시키기 보다는 발생시키는 영향력이 더 크다고 볼 수 있다. 이는 범죄자가 탈출통로의 제한에 대한 위험성 보다는 범죄발생 시 적발로 인한 검거 위험성을 더 중요하게 생각함에 따라 연결도가 낮아질수록 범죄발생이 증가하는 것으로 판단된다. 통제도는 범죄발생 변수로 유의하게 나타나지 않았지만 값이 부(-)로 나타났다. 이는 통제도가 낮은 공간은 주변에서 직접

연결되는 공간의 수는 적지만, 그 연결된 공간이 다른 공간들과 많이 연결되어 있어 개방적 공간이라는 느낌을 줄 수 있기 때문이다. 따라서 범죄를 증가시키는 요인이 되지 않은 것으로 보인다. 통합도는 Nubani and Wineman (2005), Baran et al. (2007) 연구 등의 결과와 일치하게 나타났다. 범죄발생에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 통합도는 통행빈도와 관련성이 높다. 그래서 통합도가 높고 통행빈도가 많은 공간은 범죄발생이 적고, 통합도가 낮고 통행빈도가 적은 공간은 범죄발생이 증가할 수 있다고 판단할 수 있다. 하지만 통행빈도가 많다는 것은 주민뿐만 아니라 외부인의 통행빈도도 높으므로 낮선 외부인의 익명성과 장소의 영역성 상실로 인해 범죄가 증가할 수 있음을 보여주고 있다. 또한 전체통합도가 높은 지역은 도시전체공간상에서 가장 중심이 되는 공간이라고 할 수 있다. 이러한 공간은 접근성이 뛰어나기 때문에, 주로 상업지 비율이 높은 지역이라고 볼 수 있다. 앞선 분석과 연결하여 상업지면 적비가 높을수록 범죄발생이 증가한다는 것과 일맥상통한 결과라고 볼 수 있다.

5. 결론

우리나라는 급격한 도시화 과정에서 범죄발생이 지속적으로 증가해 왔다. 최근 몇 십년 동안 범죄로 인한 주민들의 불안감이 점차 증대되어, 도시에서의 범죄가 중요한 도시문제로 대두되었다.

이에 본 연구는 공간적·구조적 특성을 계량적이고 객관적으로 분석해주는 기법인 공간구문론(Space Syntax)을 활용하였다. 또한 인구학적 변수, 토지이용 변수 및 범죄발생의 방어기제 역할을 하는 CCTV 설치 수를 변수로 이용하여 범죄발생에 영향을 미치는 정도를 실증적으로 분석하였다.

정확한 분석을 위해 가산자료 분석의 대표적 방법인 포아송 회귀분석과 음이항 회귀분석을 활용하여 분석을 수행하였다. 분석 결과, 음이항 회귀분석이 더 적합한 것으로 판단되어, 음이항 회귀분석을 토대로 공간구조적 특성 및 범죄대응 특성이 범죄발생에 얼마나 영향을 미치는지 파악하였다.

5대 범죄발생에 미치는 영향을 분석한 결과, 총 13개 변수 중 8개 변수가 유의하게 나타났다. 여성인구비율이 정(+)의 관계로 유의하게 나타났는데, 이는 전체 인구 중 여성인구의 비율이 높을수록 범죄발생이 높아진다는 뜻이다. 그리고 전체 인구 중 65세 노인인구의 비율이 높을수록 범죄발생이 증가한다고 나타났다. 이는 노인이 사회적 약자로서, 범죄의 피해대상이 쉽다는 점과 점차 노인들의 범죄가 증가하고 있다는 점을 반영하고 있다. 토지이용 특성변수에서는 행정구역면적과 상업지면적비가 통계적으로 유의하게 나타났다. 범죄대응 특성변수인 CCTV는 그 수가 증가할수록 범죄발생은 감소한다고 나타났다. 공간구문 특성변수에서는 연결도, 국부통합도, 전체통합도가 통계적으로 유의하게 나타났다. 연결도는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 이는 연결도가 낮은 공간은 연결된 다른 공간이 적기 때문에 갑작스런 방해자의 출현 가능성이 낮고, 통행인에 의한 감시도가 낮아져 범죄 유발요인이 될 수 있기 때문이다. 통합도는 범죄발생에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 통합도는 통행빈도와 관련성이 높는데, 통행빈도가 많다는 것은 주민뿐만 아니라 외부인의 통행빈도도 높아지므로 낯선 외부인의 익명성과 장소의 영역성 상실로 인해 범죄가 증가하는 것으로 나타났다.

공간의 속성과 범죄발생과의 종합적인 분석을 위해서는 범죄발생의 정확한 장소를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 하지만 우리나라 특성상 정확한 장소를 파악하는 것에는 무리가 따른다. 그래서 향후 더욱 풍부한 사례의 적용과 정확한 범죄 자료의 사용을 통해 더욱 일반화된 결론을 얻도록 해야 할 것이다. 또한 본 분석의 종속변수인 5대 범죄발생은 범죄 유형에 따라 즉, 절도와 살인 유형 등에 따라 공간구문론에 따른 영향력이 달라질 수 있다. 따라서 본 연구의 한계점인 범죄유형을 구분하여 다양한 외적요인

과 도시 관련 지표들을 적용한다면 더욱 좋은 연구가 될 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사(2년)에 의하여 연구되었음.

References

- Agresti, A. (1996). *An Introduction to Categorical Data Analysis*, A Wiley-Interscience Publication, pp. 80-102.
- Allison, P. D. (1999). *Logistic Regression Using the SAS system: Theory and Application*, SAS Institute Inc, p. 217.
- Baran, P. K., Smith, W. R. and Toker, U. (2007). "The space syntax and crime: Evidence from A Suburban Community." *Proceedings of Space Syntax 6th International Symposium, Istanbul*.
- Cheong, J. S. (2014). "Spatial regression analysis on the relationship between structural characteristics and homicide of Seoul." *Seoul Studies*, The Seoul Institute, Vol. 15, No. 1, pp. 101-118 (in Korean).
- Cheong, J. S. and Park, H. H. (2010). "A study on the effects of structural covariates on homicide: Nationwide Analysis Using Negative Binomial Regression Model." *Korean Criminological Review*, Korean Institute of Criminology, Vol. 81, pp. 91-119 (in Korean).
- Choi, Y. and Yim, H. G. (2005), "Determinants of the residents' settlements employing poisson regression." *The Korea Spatial Planning Review*, Vol. 46, pp. 99-114 (in Korean).
- Choi, Y. and Yim, H. K. (2005). "The analysis on the characteristics of the fear of crime in the public space of high-rise multi-family attached house." *Journal of the Architectural Institute of Korea: Planning & Design*, The Architectural Institute of Korea, Vol. 21, No. 7, pp. 57-63 (in Korean).
- Choi, Y., Lee, H. J. and Lee, J. S. (2015). "A study on the influence of the urban characteristics on the incidence of crime using panel model." *Journal of Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 35, No. 6, pp. 1439-1449 (in Korean).
- Choi, Y., Son, T. M. and Kang, J. E. (2000). "Comparison between single-detached unit and apartment: Crime and Crime Prevention of Residential Area in Pusan." *Journal of Korea Planners Association*, Korea Planners Association, Vol. 35, No. 3, pp. 153-165 (in Korean).
- Cox, D. R. (1983). "Some remarks on overdispersion." *Biometrika*, Vol. 70, pp. 269-274.
- Hiller, B. (1996). *Space is the Machine*, Cambridge University Press.
- Hiller, B. and Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*, Cambridge University Press.
- Jones, M. and Fanek, M. (1997). "Crime in the urban environment."

- Proceedings of Syntax First International Symposium, London.
- Jong, P. de and Heller, G. Z. (2008). *Generalized Linear Models for Insurance Data*, Cambridge University Press.
- Kim, H. J. and Lee, S. W. (2011). "Determinants of 5 major crimes in seoul metropolitan area: Application of Mixed GWR Model." *Seoul Studies*, The Seoul Institute, Vol. 12, No. 4, pp. 137-155 (in Korean).
- Kim, J. S. (2007). "Context deduction between spatial characteristics and burglaries using space analysis methods : Centered on Cheongju Residential Area, Master's thesis, The Graduate School of Chungbuk National University (in Korean).
- Kwon, G. O. (2007). "Analysis on the crime characteristics in newtown using space syntax methodology." Master's thesis, The Graduate School of Chung-Ang University (in Korean).
- Land, K. C., McCall, P. L. and Nagin, D. S. (1996). "A comparison of poisson, Negative Binomial, and Semiparametric Mixed Poisson Regression Models with Empirical Applications to Criminal Careers Data." *Sociological Methods and Research*, Vol. 24, No. 2, pp. 387-442.
- Lee, T. G. (2010). A Study on the Causes of Crime Occurrence - With an Emphasis on Urban Area -, Master's thesis, Kyung Hee University (in Korean).
- McCullagh, P. and Nelder, J. A. (1983). *Generalized Linear Models*, New York : Chapman and Hall.
- Newman, O. (1973). *Defensible Space: Crime Prevention Through Urban Design*, Collier Books, New York, N.Y.
- Nubani, L. and Wineman, J. (2005). "The role of space syntax in identifying the relationship between space and crime." Proceedings of the 5th Space Syntax Symposium, TU Delft.
- Park, C. H. and Choi, S. H. (2009). "Crime prevention effects of publicity of CCTV installation at Kang-Nam Gu, Seoul: The Effects of First News." *Journal of Korean Institute of Criminology*, Vol. 20, No. 3, pp. 213-238 (in Korean).
- Shu, S. (1999). "Housing layout and crime vulnerability." F.R.B. Holanda, L. Amorim, F. Dufaux(eds.), Proceedings, Space Syntax Second International Symposium, Brasilia.
- Shu, S. and Huang, J. (2003). "Spatial configuration and vulnerability of residential burglary." Proceedings of the 4th International Space Syntax Symposium, London.
- Stokes, M. E. et al. (2000). *Categorical Data Analysis Using the SAS System*, SAS Institute Inc., pp. 356-357.
- Welsh, B. and Farrington, D. (2009). "Public area CCTV and crime prevention: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis." *Justice Quarterly*, Vol. 26, pp. 716-745.