

건물분포를 고려한 도시형태의 프랙털(Fractal) 해석

문태헌^{1*}

Fractal Analysis of Urban Morphology Considering Distributed Situation of Buildings

Moon, Tae-Heon^{1*}

요 약

본 연구의 목적은 프랙털(fractal)이론을 이용하여 도시공간을 구성하는 요소들의 특성을 반영하면서 도시형태를 정량적으로 측정하여 도시공간구조적 측면에서 그 의미를 알아보고자 하는 것이다. 프랙털이론은 단순히 사물이 공간상에서 차지하는 비율만을 대상으로 하는 밀도와 달리, 도시공간내부에 존재하는 사물들 간의 자기유사성(self-similarity)과 복잡함(complexity)을 양적으로 표현이 가능한 이론이다. 본 연구에서 도시의 형태는 프랙털차원(fractal dimension)으로 계산하여, 이론 적용의 타당성과 실제 도시형태를 비교분석해 보기 위해 도시화가 거의 완성된 북구주시(北九州市)와 지역 대부분이 농지로 구성되어 있는 신궁정(神宮町) 지역을 사례지역으로 하였다. 먼저 GIS 벡터데이터를 래스터데이터로 변환한 다음, 두 사례 지역의 프랙털차원을 계산하였다. 그 결과 북구주시지역은 분석면적에 따라 프랙털차원 값에서 차이가 발생하지만, 시전체가 프랙털형상이라고 할 수 있었다. 그러나 신궁정 지역은 프랙털차원의 값이 작아 도시형상이 프랙털이라고 하기 어려운 결과가 도출되었다. 사례연구를 통해 프랙털이론이 도시형태를 정량적으로 측정 가능한 수단임을 알 수 있었으며, 또한 구성요소간의 유사성을 반영할 수 있으므로 유사한 도시개발패턴이 이루어지는 경계(예를 들면 도시와 농촌의 경계)를 찾는 데에도 유효하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

주요어: 도시형태, 프랙털, 프랙털차원, 자기유사성, 복잡함

ABSTRACT

The purpose of this paper is to conduct an experimental measurement and analysis of cities' morphology. Fractal theory that is an effective tool for evaluating self-similarity and complexity of objects was applied. For the comparative analysis of fractalities and computational verification, two totally different cities in Japan were selected. They are Kitakyushu City, which is a big and fully developed city, and Jinguu Machi of which almost all the area is covered with agricultural land use. After converting vector data to raster data within GIS, fractal dimensions of two cases in Kitakyushu Ci

2005년 4월 4일 접수 Received on April 4, 2005 / 2005년 6월 20일 심사완료 Accepted on June 20, 2005

1 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 및 공학연구원 부교수 Urban Engineering Major, Gyeongsang National University

* 연락처: thmoon@gsnu.ac.kr

ty and one case in Jinguu Machi were calculated. The calculation showed that two parts of Kitakyushu City were already fractal. Jinguu Machi, however, was difficult to find fractality. As a conclusion, fractal was proved to be an useful tool to estimate the shape of cities reflecting their internal spatial structure, that is self-similarity and complexity.

KEYWORDS : *Urban Shape, Fractal, Fractal Dimension, Self-similarity, Complexity*

서 론

1. 연구의 배경 및 목적

현재에 관찰되는 도시의 공간구조는 그 공간 내에서 부분적으로 이루어진 작은 변화가 시간의 흐름에 따라 축적되어 형성된 것이다. 그 결과 도시공간구조의 형태는 기하학적으로나 기능적으로 단순하지 않게 되는 경우가 많다. 왜냐하면 도시공간 내에서 일어나는 개발행위는 도심이나 교외 등 장소에 따라 다르게 나타나고, 개발규모에 따라서도 다르게 도시의 형태를 변화시키고 있기 때문이다. 시간적으로도 개발속도가 다르기 때문에 도시 전체가 일률적으로 변화하지 않는다. 변화의 내용면에서도 지금까지 없었던 새로운 형태가 발생되거나, 반대로 단독이나 공동주택과 같이 자신의 유형과 매우 유사한(self-similarity, 이하 자기유사성) 형태로 기존의 질서 속에서 개발되는 경우도 있다. 그 결과 공간구조 패턴은 기하학적이거나 기능적으로도 단순하지 않고 복잡(complexity)하게 구성된다.

그러나 도시형태가 뚜렷한 법칙과 질서가 없이 형성되어져 가는 것처럼 보이지만, 관찰하는 방법에 따라 다른 해석도 가능하다. 가령 복잡하게 보이는 지역도 소축적의 지도로 바뀌어 관찰하면, 세밀한 부분이 생략되어 전체적으로 질서가 있는 것처럼 보일 수 있다. 반대로 질서 있게 보이는 경우에도 대축적의 지도로 변환시켜 세부를 관찰해 보면 매우 복잡하고 무질서하게 보일 수 있다.

이는 마치 연기가 질서를 유지하면서 공중으로 확산되어 가는 것같이 보이지만, 연기 분자의 움직임은 매우 무질서하며, 불규칙하게 움직

이고 있는 현상과 같은 것이다. 또한 해안선을 자세히 들여다보면 매우 복잡하지만, 전체적으로 보면 일정한 형태를 갖추고 있는 경우와 같은 이치라고 할 수 있을 것이다. 또한 비슷한 유형이 반복됨(자기유사성)을 관찰할 수 있다. 도시의 형태도 마찬가지로 관찰하는 시각에 따라 질서가 있는 것으로 보일수도 있고, 아니면 무질서한 것으로 상반된 평가를 내릴 수 있으며, 이 문제를 해결하기 위해서는 도시공간의 내부구조상의 문제를 제대로 파악하는 것이 필요하다. 여기서 문제는 좁은 도시국가 범위 내에서 평평한 평면공간에 정연한 질서를 중시하며 불변의 진리를 추구했던 그리스의 유클리드 기하학(김용운, 1993)만으로 내부구조의 자기유사성이나 복잡성을 측정할 수 없다는 것이다.

가까운 예를 들면 도시의 공간을 설명하는데 자주 사용되었던 것이 밀도이다. 그러나 밀도는 내부구조가 어떻게 되어 있는지 전혀 알 수 없다. 즉 지역내에서 차지하는 비율이 동일하다면 그 배치된 형태에 관계없이 밀도는 항상 동일하게 되기 때문이며, 이럴 경우에 동일한 성질의 지역과 이질적인 지역을 구분할 수 없게 되는 문제가 발생된다.

이러한 배경에서 본 연구는 밀도와 같이 단순한 측정지표가 아니라 공간 내부구조상의 특징을 감안한 정량적인 도시형태의 표현을 시도해본 다음, 도시공간구조상의 의미를 분석해보는 것에 목적이 있다. 방법론적으로는 이상에서 언급한 문제점을 해결할 수 있고, 형태해석에 새롭게 등장하여 다양한 분야에 걸쳐 응용되기 시작한 프랙털(fractal) 이론을 도입하며, 사례지역의 GIS자료를 구축하여 분석하기로 한다.

2. 프랙털이론의 적용 및 연구 방법

도시학자는 주로 토지이용에 관한 데이터를 사용하여 2차원적 도시형태의 규칙성을 측정하고자 하였다(Anas et. al., 1998). 한편 지리학적 차원에서 행해진 형태에 관한 연구로는 건물의 분포형태에 따라 분산형, 집괴형, 랜덤형으로 분류한 사례(문태헌, 1996, 남영우, 1995)가 있다. 이 연구는 면적을 가진 건물들을 점으로 간주하여 소축적 지도 위에서 점들의 분포를 정량적으로 해석하고자한 연구들이다. 도시도 건물의 집합체로 구성되었다고 볼 때, 도시형태의 해석에서 건물을 하나의 점으로 간주하면, 위의 방법에 의한 도시형태의 분석이 가능할 것이다. 그러나 건물의 경우 규모가 서로 다르고, 면적이 매우 넓은 건물을 하나의 점으로 간주하기에 불합리한 점도 있어 일반적인 방법이라고 하기 어렵다.

한편 기하학에 의한 측정도 생각해 볼 수 있다. 그러나 고대도시가 자연을 극복한 인간 승리의 표현으로서 단순하고 기하학적인 반면, 다양화되고 복잡한 사회경제질서에 영향을 받는 현대都市는 기하학적인 형태를 띠기 어려울 것이다. 역사적으로도 자연계에 존재하는 개체가 불규칙한 형태를 가지기 쉬워, 기존의 유클리드 기하학으로 형태를 측정하기가 매우 어렵기 때문에 기하학에 의한 형태의 측정은 그다지 진전되지 못했다. 그러나 최근에 소개된 프랙털이론은 자연에 있어서 형태과학에 새로운 흥미를 유발시킨 역할을 하고 있으며, 도시형태해석학에 있어서도 새로운 가능성을 넓혀나가고 있다.

본 연구는 이러한 프랙털이론을 이용하여 도시형태의 측정을 시도하고자 하며, 자기유사성과 복잡함 등 내부구성요소의 특성을 동시에 고려할 수 있도록 한다. 이때 시간의 흐름에 따라 형태도 변화하므로 시계열분석과 변화의 원인을 규명하는 것은 의의가 있을 것이다. 그러나 본 연구가 건물을 중심으로 하기 때문에 10m정도의 정밀도를 가진 다년도 데이터가 필요하지만, 정밀한 수치지도가 최근에 정비가 되었으며, 5년 정도의 기간에는 도시개발 공정상 그다지 변화가

발견되지 않을 수 있어 다년간 분석은 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 기초적인 연구로서 입수 가능한 지리정보시스템(Geographical Information System, GIS)용 수치지도를 이용하여, 단년도에 한하여 분석하기로 한다.

사례연구에서 전산처리를 위한 수치지도는 편의상 일본의 구주(九州)지역의 두 개 도시를 중심으로 시행하였다. 북구주시(北九州市, Kitakyushu City)와 신궁정(新宮町, Jinguu Machi)를 대상지역으로 선정하였다. 대상도시의 선정에서 고려되었던 사항은 도시가 확장되어 인접한 도시와 일체화된 경우는 분석의 경계를 정하기 곤란하여 형태의 측정이 어렵다는 점이다. 따라서 자연지형적으로 적절히 경계가 설정된 북구주시를 선정하였다. 북구주시는 북쪽으로 바다와 접하고, 남쪽은 산으로 둘러싸여, 타 지역과 자연적으로 분리되는 특징이 있어 본 연구에 적합한 도시라고 할 수 있다. 세부적으로는 북구주시에 지역전체와 중심지역의 두개 지구를 설정하여 분석 대상으로 하였으며, 프랙털 방법의 타당성을 확인하기 위해 인근에 도시가 아니며 독립적으로 취락이 형성된 농촌지역으로서 신궁정을 대상으로 하여 비교해 보았다.

프랙털 도시형태 해석

프랙털은 Mandelbrot(1983)에 의해 체계적으로 정리된 이후, 초기에는 주로 자연의 물리적 현상의 다양성을 기술하기 위한 분야에 한정되어 응용되었다. 그러나 최근에 인문지리학까지 그 영역이 점차 확대되어 가고 있다(L. Benguigui et. al, 2000). 그 중에 도시의 형태에 관한 대표적인 연구는 M. Batty & Longley(1994)의 'Fractal Cities'일 것이다. 그들의 연구에 의하면 도시에서 일어나는 행동은 더 이상 평탄하지 않고 불연속적이며, 혼돈(chaos)과 불규칙적인 것이라고 한다. 따라서 도시의 형태는 프랙털이라고 주장하고 있다. 여기서 문제는 불규칙한 도시의 형태를 측정하는 것이며,

프랙털과 카오스이론의 등장에 의해 세밀한 부분에서 넓은 부분까지 스케일을 달리하며 측정이 가능하게 되었다는 것이다.

프랙털은 복잡한 형태를 묘사할 수 있으며, 복잡한 형태안에 내재되어 있는 질서와 규칙성, 자기 유사성(self-similarity)을 보다 자연스러운 방식으로 표현가능하고, 구조적인 성장과 불규칙성도 설명할 수 있다.

이와 같이 형태에 관한 프랙털의 연구 중에서 흥미 있는 것으로 Anas A. et. al(1998)의 연구가 있다. 그들은 도시개발에 의해 확장되는 도시경계선의 불규칙성을 밝히는 1차원 주제로 프랙털이론을 적용하고 있으며, 도시성장이 도로를 따라 발생하고 있다는 기존의 사고방식이 더 이상 타당하지 않다고 프랙털 분석을 통해 결론을 내리고 있다. 또한 분석대상의 크기를 작게 한 연구로서 Andrew Crompton (2000)은 하나의 방으로까지 범위를 축소하여, 방 내부에서 가구의 배치상황과 인간의 몸체 크기와의 관계를 프랙털 개념으로 분석하고 있다. 분석범위를 넓혀 국토 전체를 대상으로 한 사례로서 국토개발의 형태에 대한 연구(L. Benguigui et. al, 2000)도 있다. 이와 같이 프랙털은 작은 규모와 넓은 규모의 다양한 공간규모에 대해서도 형태의 측정이 가능한 이론으로 응용범위가 점점 넓어지고 있다. 그러나 국내의 경우 프랙털을 이용한 도시의 형태에 관한 논문은 발견되지 않으며 새롭게 시작되어야 할 분야로서 학술적인 의미가 있다고 하겠다.

본 연구에서 건물의 배치에 의한 도시형태의 측정에 프랙털이론을 도입하는 근거는 그림 1로 설명할 수 있다. 즉 그림 1에서와 같이 특정 스케일로 건물의 배치를 도면화하였을 때, 건물의 배치는 보는 시각에 따라 매우 무질서하고 복잡하게 보일 수도 있다. 그러나 비슷한 크기와 모양의 가구(街區)로 구획되어 질서를 유지하고 있음도 발견할 수 있다. 한편 규모가 다른 4개의 지구(地區, 그림 1의 A, B, C, D)를 보면, 4개의 가구로 구성된 A와 3개의 가구로 구성된

C지구내에 존재하는 건물의 배열과 1개의 가구(그림 1의 B와 D)내의 건물배열은 크게 보아 완전하지는 않으나 서로 닮아 있다고 간주할 수 있다. 물론 스케일을 달리하여 도면화하였을 때 어떤 닮은꼴이 관찰될지 알 수 없다.

이와 같은 점에서 이 지역내의 건물 배치에 의한 도시형태는 무질서(혼돈)한 가운데 질서를 가지고 있으며, 복잡성과 자기 유사성(self-similarity)이 존재하는 프랙털성(fractality)이 있다고 판단할 수 있고, 프랙털성은 프랙털차원(fractal dimension)¹⁾을 구함으로써 알 수 있다.



FIGURE 1. 도시형태의 프랙털분석 개념도

프랙털차원을 측정하는 방법으로서 Vicsek T.(1989)는 다음의 3가지로 정리하고 있다. 첫째, 실험(experiment)에 의한 방법, 둘째, 이론적인 방법, 마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법이다. 그러나 실험에 의한 방법은 나머지 두 가지 방법에 비해 전형적이지 않은 점, 또 이론적인 방법은 물리현상에 통일된 이론이 없다는 점에서 가장 적용이 편리한 것은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법이라고 하였다. 이 방법은 이미지를 디지털화 또는 스캐닝하여 컴퓨터상의 2차원 픽셀(pixel)배열에 보존한 다음, 이미지를 가진 픽셀을 1, 이미지를 가지지 않은 픽셀에 0의 값을 부여하여, 1의 값을 가진 픽셀의 수를 이용하여 처리하는 방법이

다. 이 방법을 이용한 연구에는 S. Sato and T. Arima(1992)에 의한 도시의 경관분석연구가 있다.

본 연구도 기본적으로 위의 방법을 따르고자 한다. 그러나 넓은 지역을 컴퓨터로 화상처리하기 어려우므로, 기존의 연구와 달리 새로운 접근 방법으로서 이때까지 사례를 발견하기 어려운 GIS를 활용하기로 하였다. 본 연구가 고안한 GIS상에서 프랙털차원을 구하는 방법과 이론적 전개는 다음과 같다. 즉 한 변의 길이가 L인 지역을 설정하고, 이 지역을 다시 한 변의 길이 l의 사각형 셀(cell) N개로 구획한다. 다음으로 각 셀 중에 건물이 한 개 이상 존재하는 셀의 수를 헤아리는 박스카운팅(box counting) 방법(Vicsec T., 1989)을 도입한다.

이 방법을 본 연구에 적용하면, 만약 건물이 전지역에 걸쳐 균등하게 분포하고 있고, 전 지역을 동일한 크기의 작은 셀로 구획하였을 때, 모든 셀에서 건물이 발견된다면, 이때의 프랙털차원은 최대치인 2.0²⁾가 된다. 이와 같은 이론적 개념을 수식으로 나타내면 다음과 같이 설명할 수 있다.

$$N = L^2 / l^2 = (L/l)^2 \quad (1)$$

만약 대상지역의 형태가 프랙털인 경우는 다음의 조건을 만족한다.

$$N = (L/l)^D \quad (2)$$

이때 식(2)의 D가 프랙털차원이다. 식(2)를 D에 관하여 전개하면,

$$\log N = D(\log L - \log l) \quad (3)$$

과 같이 되고, L을 1이라고 하면,

$$D = \log N / \log(1/l) \quad (4)$$

가 된다.

따라서 대상지역을 다양한 크기의 셀에 대하

여 각각의 경우에 식(4)를 계산한 다음, 그래프상에서 그 값들을 1차 직선으로 연결하여 직선의 기울기를 구하면, 그 기울기의 값이 프랙털차원(D)이 되는 것이다.

데이터의 구축과 프랙털차원

북구주시와 농촌형 지역으로서 개발밀도가 낮은 신궁정을 비교대상으로 하였다. 지도정보는 GIS에서 활용 가능한 두 지역의 수치지도를 사용하였으며, 주요 속성은 건물에 관한 레이어를 사용하였다. 수치지도는 벡터(vector)화되어 있기 때문에, 셀단위로 분석하기 위해서 래스터(raster)데이터로 변환해야하며, 이를 위해 Esri사의 ArcView와 Spatial Analyst를 사용하였고, Avenue로 프로그래밍하면서 데이터의 가공과 계산을 시행하였다.

대상지역의 경계 설정은 북구주시의 경우, 지형과 건물의 분포를 고려하여 그림 2와 같이 2개 지역으로 설정하였다. 이것은 경계의 설정에 따라 어느 정도 프랙털차원에 영향을 미칠 것인가를 살펴보기 위한 것이다. 2개의 경계는 각각 북구주시의 중심부(그림 2의 A)와 시전체를 포함한 지역(그림 2의 B)이다. 2개의 대상지역별로 셀의 크기를 정률적으로 변화시켜가면서 프랙털 차원을 구하였다.

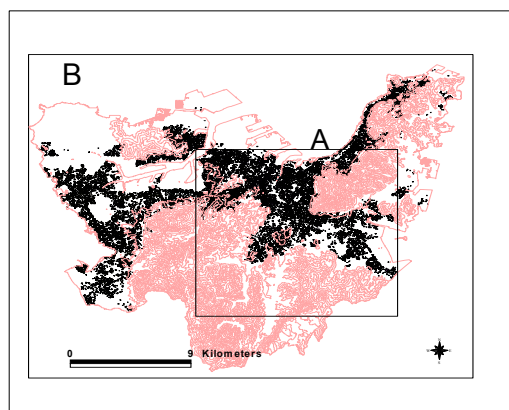


FIGURE 2. 북구주시의 분석영역

1. 북구주시(北九州市) 전체지역의 경우

북구주시는 전체지역에서 관찰된 건물의 수는 표 1과 같이 187,471동이었다. 그 중에서 팔번서구(八幡西區)에서 50,059동으로 가장 많고, 다음으로 소창남구(小倉南區)가 40,434동이다. 호전구(戸畑區)는 11,116동으로 건물동수가 가장 적게 나타났다. 여기서는 이들 건물을 전부 포함할 수 있도록 33,070m×33,070m의 사각형 영역을 분석 대상으로 설정하고, 각변을 1/2씩 축소해 나가면서 프랙털차원을 계산하였다. 그런데 최소 셀의 크기는 본 연구가 건물을 중심으로 하기 때문에 건물 한 동의 크기보다 작은 셀로 구획하는 것은 바람직하지 않고, 건물 한 동을 포함할 수 있을 정도까지 작게 설정하는 것이 적절하다. 그러나 지나치게 작은 셀로 구획할 경우, 셀의 수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 데이터의 컴퓨터 처리가 매우 어려워진

다. 또한 프랙털차원의 수치 값도 정합성(다음 절의 회귀분석에서 결정계수가 작아짐을 의미함)이 떨어져 바람직하지 않다.

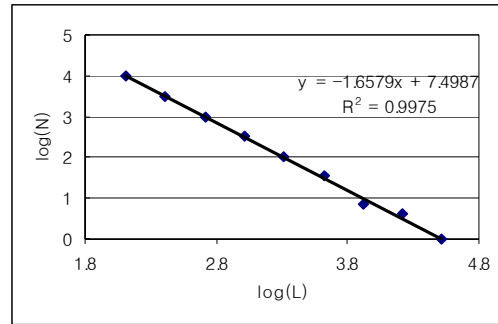


FIGURE 3. 북구주시의 전체지역 프랙털차원

따라서 본 연구에서는 계산의 편의성과 전체 지역의 크기를 고려하여 최소 셀로서 (개)

TABLE 1. 북구주시 전체지역의 건물포함 셀 수

구(區)별	건물수 (동)	셀의 크기(한변의 길이) (m)								
		33070.0	16535.0	8267.5	4133.8	2066.9	1033.4	516.7	258.4	129.2
약송 (若松)	15208	1	1	3	6	17	38	93	257	755
호전 (戸畑)	11116	1	1	1	2	6	18	49	152	502
팔번서 (八幡西)	50059	1	2	5	12	30	92	278	913	3014
문사 (門司)	19544	1	1	4	9	24	57	148	415	1203
소창남 (小倉南)	40434	1	3	5	11	26	73	224	725	2355
소창북 (小倉北)	31715	1	2	2	6	14	43	141	476	1590
소창동 (小倉東)	19395	1	2	2	4	10	28	80	253	833
계	187471									
셀의 총 개수		1	4	16	64	256	1024	4096	16384	65536
건물을 포함한 셀 수		1	4	7	36	105	320	972	3128	10179

129.2m×129.2m까지 적용하였다. 이와 같은 가정하에 전지역을 셀로 나누면서 건물을 포함하는 셀의 수를 구해보면, 표 1과 같다. 셀의 크기를 작게 함에 따라 건물을 포함하는 셀의 수도 증가하며, 129.2m×129.2m 셀로 구획했을 때 건물을 포함한 셀의 수는 7개에서 65,539개로 나타났다.

셀의 크기(한변의 길이로 나타냄, L)와 셀 수(N)에 각각 대수(代數)값으로 식(3)과 (4)를 적용하여 그래프로 나타낸 것이 그림 3이다. 그림 3에서 그래프의 기울기가 프랙털차원이 되며, 본 연구는 회귀분석에 의하여 계산하였다. 그 결과 북구주시의 전체지역을 대상으로 하였을 때, 프랙털차원이 1.6579이었으며, 결정계수도 0.9975로 높게 나타났다.

2. 북구주시 중앙지역의 경우

앞 절과 마찬가지로 북구주시의 중심상업지역을 중심으로 분석지역을 설정하였다. 크기

15,000m×15,000m지역을 대상으로 계산해 보면, 표 2와 같은 결과를 얻을 수 있다. 셀의 크기는 최대치를 1/2씩 줄여나가기 때문에 전체지역의 경우와 동일하지 않지만, 최소규모의 셀의 크기는 전체지역 경우의 최소 셀과 차이가 적게 되는 곳에서 더 이상 세분화하지 않고 종료하였다.

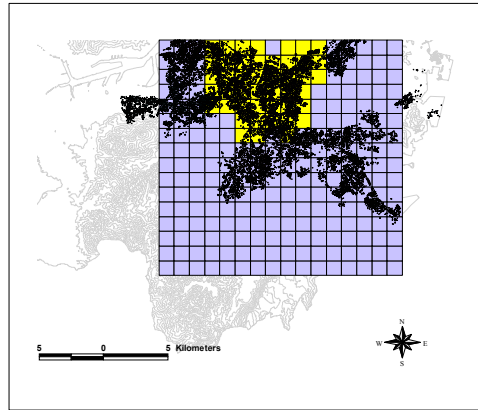


FIGURE 4. 중앙지역의 box-counting 예

TABLE 2. 북구주시 중앙지역의 건물포함 셀 수 (개)

건물수 (동)	셀의 크기(한변의 길이) (m)								
	15000	7500.0	3750.0	1875.0	937.5	468.8	234.4	117.2	
약송 (若松)	15208	0	0	0	0	0	0	0	0
호전 (戶畑)	11116	1	1	2	5	14	46	149	507
팔번서 (八幡西)	50059	0	0	0	0	0	0	0	0
문사 (門司)	19544	1	1	3	5	10	27	86	274
소창남 (小倉南)	40434	1	4	8	24	74	235	767	2495
소창북 (小倉北)	31715	1	2	6	17	45	146	494	1693
소창동 (小倉東)	19395	1	1	2	6	18	62	195	647
계	187471								
셀의 총 개수		1	4	16	64	256	1025	4096	16884
건물을 포함한 셀 수		1	4	13	42	139	477	1637	5540

그림 4는 중앙지역을 대상으로 box counting을 시행한 것을 나타내고 있다. 최소 셀인 $177.2\text{m} \times 177.2\text{m}$ 의 경우, 총 16,384개로 구획되었고, 그 중에서 5,540개가 건물을 포함하는 셀로 계산되었다. 표 2의 결과에 따라 셀의 크기와 건물을 포함한 셀의 수에 대수를 취해 그래프로 표시하면 그림 5와 같다. 중앙지역의 경우 프랙털차원이 1.7590이고, 전체지역으로 본 경우의 1.6579보다 0.1011높게 나타났다.

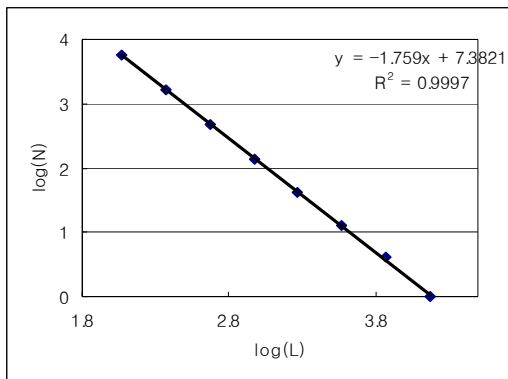


FIGURE 5. 북구주시의 중앙지역 프랙털차원

중앙지역은 전체지역을 대상으로 한 경우보다 건물의 배치와 형태가 복잡하게 나타나고 있으며 자기 유사성을 가진 프랙털성이 강하다고 할 수 있다. 그리고 중앙지역만을 대상으로 한 경우, 전체지역에 비해 건물의 개발 밀도가 높고, 가구내의 건물의 배치와 형태가 복잡하며, 비슷한 형태의 건물이 비슷한 형태로 배열되어 있음을 구체적인 수치로 확인할 수 있다.

3. 신궁정(新宮町)의 경우

다음으로 농촌형지역인 신궁정을 대상으로 프랙털차원을 측정해 보았다. 신궁정은 북구주시와 九州지방의 최대 도시인 북강시(福岡市) 사이에 있으며, 북강시에 연속하여 개발되어온 서쪽을 제외하고, 그림 6과 같이 공간적으로 독립된 경계를 가지도록 $2,000\text{m} \times 2,400\text{m}$ 의 크기로 경계를 설정하였다.

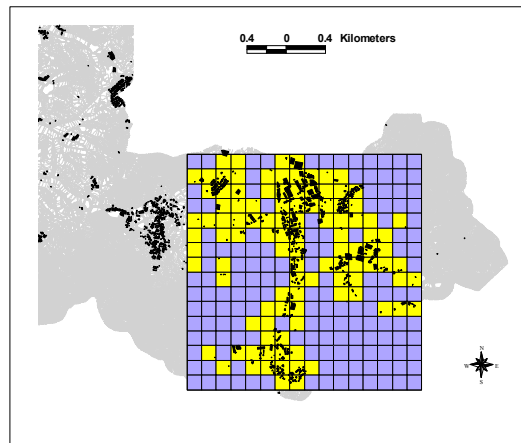


FIGURE 6. 신궁정의 분석영역 및 box-counting의 예

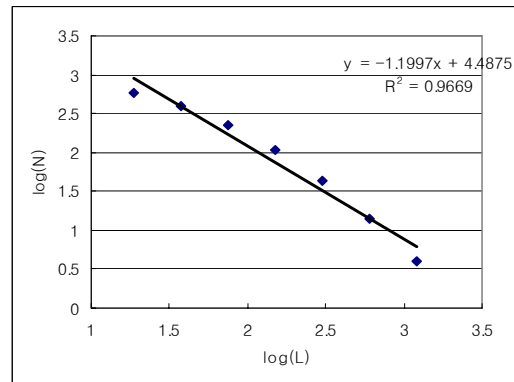


FIGURE 7. 신궁정의 프랙털차원

이 지역은 앞의 예와 달리 공간적 규모가 작고, 계산상의 처리문제도 발생하지 않기 때문에 최소 셀의 크기를 $18.8\text{m} \times 18.8\text{m}$ 까지 작게 하여 계산해 보았다. 그림 6은 신궁정의 box counting을 시행하고 있는 과정을 나타낸 것이다. 앞에서 시행한 방법과 동일하게 계산해 보면, 셀의 크기와 건물을 포함한 셀의 수는 표 3과 같다. 셀의 크기가 $18.8\text{m} \times 18.8\text{m}$ 의 경우, 총 셀의 수는 16,384개이며, 그 중에 건물을 포함한 셀의 수는 586개로 나타났다. 프랙털차원은 그림 7에서 1.1997로 매우 낮게 나타나고 있다. 결

정계수도 0.9668로 낮았다. 셀의 크기를 작게한 것에 의해, 회귀선과 점과의 간격이 벌어져, 그 분포는 2차 곡선에 가까워지고 있다.

신궁정에서 프랙털차원이 낮은 것은 그림 7에서도 알 수 있듯이 건물의 배치가 선상에 가깝고 복잡함과는 약간의 격차가 있는 형태를 가지고 있기 때문이다. 계산된 프랙털 차원은 이러한 특징을 잘 반영하고 있다고 할 수 있다. 프랙털 차원으로 말하자면, 신궁정 중에서 이 지역은 복잡함이나 자기유사성을 갖고 있다고 말하기는 어렵고, 프랙털이라고 하기도 어렵다. 이러한 점은 L. Benguigui(2000)가 언급한 것처럼 도시가 어느 정도 개발이 진행된 후에야 프랙털화의 경향을 띄기 시작한다는 지적과 일치하고 있다.

TABLE 3. 신궁정의 일부지역의 건물포함 셀 수

셀의 크기 (한변길이)(m)	분석지역내의 셀수(개)	건물을 포함한 셀수(개)
2400.0	1	1
1200.0	4	4
600.0	16	14
300.0	64	44
150.0	254	107
75.0	1024	222
37.5	4096	400
18.8	16384	586

결 론


이상에서 대도시의 하나인 북구주시(北九州市)와 농촌형 지역인 신궁정(新宮町)을 대상으로 건물정보가 수록된 GIS 레스터 데이터를 사용하여 도시형태에 관한 프랙털해석을 시행해 보았다. 그 결과 북구주시의 중앙지역의 경우가 1.759로 가장 높게 나타났고, 다음으로 북구주시 전체 지역이 1.6579이며, 신궁정은 1.1997로 낮은 결과를 얻을 수 있었다.

이것은 지역별로 개발의 규모와 개발의 방향

이 다르며, 그 결과로서 도시의 공간구조와 형태가 다르게 나타남을 나타내고 있다. 즉 프랙털 차원이 높은 지역일수록 공간내부구조가 복잡하고 구성요소간의 자기유사성을 가진 구조라고 할 수 있다. 이렇게 볼 때 신궁정은 아직 개발이 진행되지 않았기 때문에 프랙털성이 매우 낮다고 할 수 있을 것이다. 또 각각의 경우에 프랙털차원은 실제 건물이 분포하고 있는 것에 의해 형성된 각 지역의 형태를 자기유사성과 복잡함이라는 관점에서 형태의 차이를 수치로서 잘 파악할 수 있었다. 한편 분석범위를 달리하며 프랙털차원을 계산해 본다면 비슷한 유형의 도시개발 범위를 규명할 수 있게 될 것이다.

이와 같이 프랙털은 밀도와 같은 도시를 축소하여 설명하지 않고 도시 공간내에서 구성요소가 지니고 있는 구조적인 복잡함과 자기유사성을 반영할 수 있는 지표로서 활용될 수 있음을 알 수 있다.

그러나 본 연구에서 남겨진 과제는 많다. 분석공간범위에 따라 프랙털 차원이 달라지므로 프랙털해석을 위해 공간범위의 결정을 미리 정해 둘 필요가 있으며, Benguigui(2000)가 경계 설정에 대한 이론적 확증이 없다고 하였으나, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 데이터 처리상의 한계로 북구주시의 경우에 셀의 크기를 건물 한 개 동까지 작게 하지 못하였다. 그러나 신궁정의 경우에서 알 수 있듯이 셀을 작게 함에 따라 1차원회귀직선이 잘 맞지 않는 경향이 있었다. 이러한 점을 북구주시의 경우도 충분히 일어날 수 있다고 생각된다. 따라서 금후에 셀의 최소 크기에 관한 검토와 컴퓨터상의 처리문제를 해결할 필요가 있다.

그리고 프랙털차원의 의미를 각종지표, 예를 들면, 인구와 밀도등의 도시지표 또는 지역총생산과 같은 경제지표와 도시형태의 복잡함의 관계를 밝혀보는 것도 도시 개발사업의 시행에 도움이 될 것이다. 마지막으로 시계열적인 변화추이와 이들 지표와의 관계를 검토하는 것도 미래의 도시공간 계획에 중요한 일이 될 것이다. 

▶ 주

- 1) 여기서 차원은 1, 2, 3차원 공간의 개념이 아니라, 얼마나 프랙털적 성격을 가지고 있는지를 나타내는 지표정도로 이해할 수 있으며, 이는 널리 사용되는 용어임
- 2) 왜냐하면 식(1)에서 전체지역의 한변이 L 인 정사각형이라고 하면 그 면적은 L^2 이 된다. 이때 전체지역을 한변이 l 인 N 개의 작은 정사각형으로 구획하면 당연히 식(1)이 성립하게된다. 그리고 모든 작은 셀에서 건물이 있다면, 결국 N 개의 셀에서 건물이 발견되는 것을 의미하며, 이때 식(1)과 (2)식에서 프랙털차원을 의미하는 D 는 2가 되어 프랙털 차원이 2.0이 되는 것이다. 이렇게 계산하는 방법이 박스마운팅(box-counting)법이다.

참고문헌

- 김용운. 1993. 프랙털. 동아출판사. 9쪽.
- 남영우. 1995. 계량지리학, 법문사.
- 문태현. 1996. 공간적 분포를 고려한 도시시설의 입지 패턴 분석. 국토계획 31(4):19-33.
- Anas A., R. Arnott and K. A. Small. 1998. Urban spatial structure. Journal of Economic Literature. 36:1426-1464.
- Andrew Crompton. 2000. The fractal nature of the everyday environment. Environment and Planning B: Planning and Design Vol. 28:243-254.
- Batty M. and P. Longley. 1994. Fractal Cities. Academic Press Inc. San Diego.
- Fleischmann M., D. J. Tildesley and R. C., Ball. 1989. Fractal in natural sciences. Princeton University Press. Princeton, NJ.
- Krakover S. 1983. Identification of spatio-temporal paths of spread and backwash. Geographical Analysis 15:318-329.
- Lucien Benguigui, C., Daniel, M., Maria and P., Yuval. 2000. When and where is a city fractal. Environment and Planning B: Planning and Design 27:507-519.
- Martin D. 1998. Automatic neighborhood identification from population surfaces. Computers Environment and Urban Systems 22(2):107-120.
- McMahon T. and J., Binner. 1983. On size and life. Freeman W. H., New York.
- Mandelbrot B. 1983. The fractal geometry of nature. W. H. Freeman, San Francisco, CA.
- Seiji Sato and A., Takafumi. 1992. A study on characteristics of shapes of landscape images. Papers on City Planning, Japan No.27:739-744.
- Shachar A. 1975. Pattern of population densities in the Tel-Aviv metropolitan area. Environment Planning A 7:279-291.
- Vicsek T. 1989. Fractal growth Phenomena. World Scientific, Singapore.
- Vobill C. 1996. Fractal geometry in architecture and design. Birkhauser, Boston, MA. 