

거듭제곱 법칙의 공간패턴 모델링: 행위자기반모형

Modelling Spatial Patterns of Power Law: Agent-based Model

양정훈*, 조항현

Yang Jung-Hun, Jo Hang-Hyun

네덜란드 위트레흐트대학교 도시및지역연구센터, 한국 고등과학원 물리학부

j.yang@geo.uu.nl, h2jo@kias.re.kr

요 약

공간 변화의 동적과정을 시뮬레이션 하기 위한 이론과 모델들은 대, 중, 소규모에 따라 system of cities, city system, cities 로 나눌 수 있으며, 지난 40년 동안 이 각각의 규모에 초점을 맞춘 연구들이 진행되어 왔다. 하지만, 각 규모를 통합하여 도시를 설명하는 이론은 없는 상황이다. 이에 본 연구는 거듭제곱 법칙을 기반으로 한 행위자기반모형을 이용하여 모든 규모에서 설명이 가능한 모형을 제시하고, 이러한 거듭제곱 법칙이 공간패턴 형성에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

연구내용

도시의 규모와 순위 사이에는 거듭제곱 법칙이라는 계층적 규칙성이 존재하며 (Pumain, 2006), 이를 모형화한 형태는 공간 규모에 따라 두가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 대규모 공간에서 도시규모를 나타내는 확률 모형들로서 거듭제곱 법칙을 모형화하기 위해 기본적으로 상수리턴의 구조를 가지고 있으며, 성장률은 도시 규모에 독립적이다. 이에 반해, 소규모 공간 모형들은 어떤 것에 대한 리턴을 포함하지만 거듭제곱 법칙을 나타내지는 못한다 (Fujita et al., 1999). 이에 본 연구에서는 공간규모에 상관없이 도시 규모와 순위사이의 거듭제곱 법칙을 나타낼 수 있는 모형을 제시하며, 또한 이러한 거듭제곱 법칙이 공간패턴 형성에 어떠한 영향을 미치는지 분석한다. 모형의 시뮬레이션은 C++ 에 기반한 행위자기반모형으로 구현되었다.

공간규모 사이를 연결하고자 하는 노력들은 충분하지 않았는데, 이것은 많은

모델들이 부적절한 공간규모에 적용되는 상황을 초래했다. 가령 random walk 와 같은 소규모 공간에 유용한 모델들이 대규모 공간분석으로서 system of cities 에 적용되기도 했다 (Benenson et al, 2004).

Zipf (1949) 는 “최소노력의 원칙” 으로서 사람들이 최소한의 노력이 필요한 방법으로 행동함으로써 공간분포에 있어서 거듭제곱 법칙이 나타난다고 보았다. 그는 또한 거듭제곱 법칙을 해밀턴의 ‘최소작용법칙’ 과 대등한 사회학적 원리로 여겼는데, 특히 기울기가 -1 인 특별한 거듭제곱 법칙은 사람들이 개인이 아니라 서로 상호작용하는 집단으로 행동하는 현상의 증거라고 주장했다. Batty (2005) 는 거듭제곱 법칙은 도시의 history matter 성질, 즉 도시형성의 원인이 수많은 요소들이 서로 상호작용한 결과이므로, 이러한 성질이 거듭제곱 법칙을 보여주는 것이라고 보았다.

본 연구는 행위자 기반 모형을 사용하여 상호작용 및 이로 인한 도시규모와 순위의 거듭제곱 법칙을 구현할 수 있는 모

형을 제시한다. 특히 Yang (2008) 의 기존연구를 기초로 하여 본 연구의 목적과 방향에 맞도록 모형을 확장하는데 초점을 두었다.

시물레이션은 가로, 세로 50x50 그리드셀로 구성되어 있는 단순화된 공간상에서 실행되며, 행위자로서 분석의 기본 단위는 기업이고 최대 및 최소 기업규모를 가진다. 또한, 행위자의 행위규칙은 성장 growth, 스핀오프 spin-off, 재입지 relocation 으로 구성되며, 특히 재입지는 행위자의 인구 분포 인접성 모형에 기반한 포텐셜에 따라 입지의사결정이 이루어진다.

모형은 인구규모 및 거리의 영향력을 조절하는 매개변수 값을 변형시켜 테스트 되었으며, 각각의 그리드셀의 인구규모와 순위가 거둬제공 법칙을 나타내는지 검증하였다.

경제적 상호작용의 결과로서 나타나는 거둬제공 법칙의 구현은 경제정책의 영향력을 포함할 수 있으며, 기업 재입지에 영향을 미치는 거리 매개변수는 공간정책의 영향력을 포함할 수 있음을 의미한다. 즉, 본 모형이 좀더 확장된다면 경제정책과 공간정책이 국토공간에 미시적으로 그리고 거시적으로 어떤 영향을 미치는지 시물레이션 할 수 있다.

참고문헌

Batty, M. (2005). *Cities and Complexity: understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals*. MIT Press.

Benenson, I., and P.M. Torrens (2004). *Geosimulation: automata-based modelling of urban phenomena*, John Wiley & Sons Ltd.

Fujita, M., P. Krugman, and A.J. Venables. (1999). *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Cambridge, Mass: The MIT Press.

Pumain, D. (2006). Alternative Explanation of Hierarchical Differentiation in Urban System, In: *Hierarchy in Natural and Social Sciences*, D. Pumain, ed., Springer.

Junghun Yang, Dick Ettema, Koen Frenken (2008) Modelling the emergence of spatial patterns of economic activity, Proceedings of 48th Conference of the European Regional Science Association, 27~31 August 2008, Liverpool, U.K.

Zipf, G.K. (1949). *Human Behavior and the principle of Least Effort*, Addison-Wesley, Cambridge, Mass.