

직접지의 성장에 대한 수리모형의 재 조명: Tomas Breuner와 Metcalf 논문 중심으로

한정희*

홍익대학교 스마트도시과학경영대학원*

The Review the Mathematical model: Aspect of Geographic Agglomeration and Innovation

Junghee, Han*

Graduate School of Smart city, Science Management, Hongik University*

Abstract This paper deals with the consideration of mathematical models with regards to growth of cluster and firms by reviewing the Metcalf and Breuner's articles. prior studies have been argued the phenomenon of local industrial clusters and districts. Several concepts have been adopted to support the success of and changes to these clusters and firm growth. Through the review of two papers, evolution of both cluster and firm growth may be achieved in terms of utilizations of the different local aspects and mechanisms. This paper supports the theoretical back bone with regards to the regional cluster policy implementing in Korea for the purpose of regional developments. In particular, a mathematical model that, on a more abstract level, captures the fundamental dynamic structure of all the observed mechanisms. On the basis of this model, the emergence and evolution of local clusters can be described. Also this model has given that the knowledge sharing between firms has an important role to firms and cluster' growth.

Key Words : Metcalf, Local cluster, firm growth.

1. 서론

1990년대 기존의 경제학적 관점과는 다른 방향에서 산업입지라는 주제를 접근한 연구는 매우 많다(Porter, 1990[1]; Krugmann, 1993[2];

Saxenian, 1994[3]; Allen, 1997[4]; Brenner, 2004[5]). Porter(1990[1])에 따르면 산업입지의 집적의 경쟁우위로는 생산요소의 우위, 수요조건 우위, 관련 산업군과 기업전략 및 구조적인 우위가 있다 주장한다. 이 밖에서도 기회와 정부의 정책적 개입이 경쟁력 향상에 영향을 미치는 상호 의존적인 관계에 있기 때문에, 이

* 홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 조교수

접수일(2016년 4월 13일), 수정일(1차 2016년 5월 17일), 게재확정일(2016년 5월 31일)

들 간의 고른 자원제공이 집적지의 경쟁우위로 작용한다는 것이다.

포터는 경쟁우위 모형을 제시하며, 그가 제시한 다이아몬드모형을 통하여, 집적지의 산업들이 상호 상승을 촉진한다는 것을 주장한다.

OECD에서는 포터의 개념을 발전시켜 ‘클러스터’를 제시하였다. 이에 따르면 클러스터란 “제품생산업체, 부품공급업체, 서비스공급업체, 연관산업, 협회, 연구소 및 대학 등이 서로 지식을 교류함으로써 높은 부가가치를 창출하는 지리적 집합체”로 정의하고 있다 (OECD, 1999[6]).

이 같은 집적지에 대한 학자로, 폴크루그먼을 들 수 있다.

Krugmann (1993[2])은 일반인들에게 다소 생소한 경제지리학자로, 그의 관심은 리카아도의 비교우위론에 토대를 둔 나라간 무역이론의 확장에 관심을 두고, 특정 일국 내 산업의 지리적 집적사이의 상호작용이 존재한다는 인식에서 산업집적이론을 제시하였다.

그는 Mashall (1920) 집적이론 즉, 비용의 외부효과와 기술효과 두 가지 요인에 대해 이들을 함께 묶어주는 것이 옳다는 주장에서 출발하였다. 경제 지리론을 제시하며, 입지론과 누적적 인과효과와 토지이용 및 지대모형 그리고 국지(local)적 외부경제 등을 이용하여 경제지리학을 새롭게 제시한다.

요약하면, 집적의 효과가 발현되며, 새로운 산업이 특정 산업지구에서 출현해서는 그 지역이 성장해 감에 따라 다른 지역으로 확대된다는 성장론을 주장하였다.

이를 토대로, 클러스터 이론으로 대표되는 지역발전을 이끌어 낼 수 있는 것은 단순한 요소투입이 아닌, 혁신성 제고에 기반 한다. 지역혁신체계(Regial Innovation System)에 대한 이론적 논의는 신산업공간론, 클러스터론, 혁신네트워크론, 혁신환경론을 크게 볼 수 있다. 이런 이론적 논의의 핵심은 지식의 흐름이다 (Cooke, 1998[7]). 후술하게 될 클러스터의 성

장에서도 지식의 흐름과 공유는 매우 중요하다.

이 같은 지식의 흐름을 핵심적으로 다루면서, 지식기반 사회의 경제발전의 핵심적 요인으로 부상하게 된다.

클러스터가 주는 궁극적인 가치는 기술혁신을 통한 성과물이다. 이 같은 기술혁신은 집적지내 대학, 기업, 연구소등의 네트워크 활동을 통한 서로간의 상호작용에서 발생한다. 기술은 상호 근접하여 있어, 서로간의 지식흐름과 공유로 문제해결능력 즉, 혁신성이 높아진다 (OECD, 1999 [6]).

혁신에서 논하는 기술이란 Dosi (1984[8])의 정의에 따르면, 실제적 및 이론적 지식, 노하우, 그리고 그 절차, 경험 및 물적인 장비의 총 집합이라 주장한다. 이와 같은 기술이 가지는 특성으로는 기술은 보편성(universality)이 있는가 하면 특수성 (specificity)이 존재하고, 기술은 명료성(articulateness)이 있는가 하면, 암묵성(tacitness)이 존재한다. 뿐만 아니라, 기술은 공공성과 함께 사적성 (privateness)이 함께 존재한다는 것이다.

이와 같은 Dosi (1984)의 정의를 요약하면 지식이란 실천적인 지식의 집합체로, 가치를 만들어내는 요소로 정의할 수 있다. 이처럼, 가치를 만들어 내는 요소의 집합체인 기술은 그 속성상, 집합체의 작용성에 대한 효율성이 제고되는 지역적 특성 내 있다면 가치창출에 크게 기여할 것이다.

본 연구에서는 이 같은 산업집적지내의 실천적 지식의 흐름을 통한 가치창출에 관한 경제학적 모델을 논의하고자 한다. 부연하면, 혁신클러스터 조성과 같은 과학기술단지에 대한 이론 즉, 집적경제 (agglomeration economies)의 성장모형을 조명해 본다.

특정지역에 집적되는 집적지와 집적지 입주기업의 성장에 관한 진화 경제론적 수리모형의 조명은 두 가지 기여점이 있다. 첫째, 학술적 측면으로써, 클러스터와 기업의 성장에 대한 연구에서 경제학적 접근 방법론을 분석 제시한

다는 점이다. 또 다른 기여로는 산업 조직론적 접근이다. 기업 간 거래, 경쟁, 교류 등은 기업 성장에 긍정적인 면을 이론적으로 살펴볼 수 있다는 점이다. 이는 지역 혁신체계의 성장을 위한 지역 내 특화 조건들의 중요성을 산업정책의 중요한 이슈로써, 다루는 것이 왜 필요한지 본 연구에서 찾을 수 있다는 점이다.

2. 집적지 성장에 대한 Tomas Breuner의 수리적 모델

집적지가 자연스럽게 만들어지든, 그렇지 않던지 간에 이들은 다음과 같은 진화적 속성이 있다. 이 같은 진화가 이뤄지는 것은 기술이 가진 속성을 활용한 혁신의 결과물 때문이다. 혁신의 부가 가치가 만들어 지기 위해서는 앞서 언급한 대로 지식이 중요하다는 점이다.

바로 지식의 흐름과 지역 내 조건, 기업 간 상호작용 등이 클러스터, 집적지의 진화를 초래한다. 혁신체계의 주체로 기업, 대학, 공공 및 민간부문의 연구소등 구성원들이 혁신활동을 통하여, 신기술과 신지식을 창출하고 이를 확산(Lundvall,1998[9]; OECD, 1997[10]) 한다.

본 연구에서 살펴볼 Breuner(2004[5])의 집적지의 진화에 대한 이론 연구는 클러스터 진화연구의 수리적 이론 모형의 토대를 제공해 준다.

Brenner(2004)의 원문은 다음과 같다.

“Therefore, a variable f is defined that we call the firm population and which can be interpreted as the number of firms, the number of employees, the turnover, the value added, or a mixture of these. Independent of this interpretation it always relates to the activity in the industry and locality under consideration. Since we want to understand the emergence of local industrial clusters, we focus on one locality and one industry. The variable f changes if the firms in this industry and locality change in size (measured by turnover, value-added or employment) or if firms exit or enter. All

mechanisms that lead to the entry or growth of firms are modelled as increasing the local variable f ” 이하 중략.

Besides the local mechanisms, external change plays an important role, as mentioned above. If, for example, the global demand for the goods that are produced by the firm population f increases, the firms should be able to grow and/or start-ups should occur. Thus, an increase of the global market or the development of a new market will, on average, increase f

Similarly, introducing political support to the region leads, in general, to an increase in f . The opposite holds if political support is terminated, demand decreases or global competition becomes stronger.

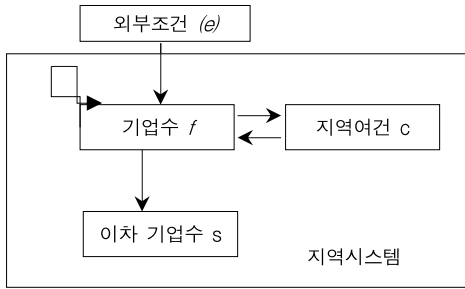
The first type of mechanism implies that the firm population in the location has a direct effect on the further dynamics of this very firm population. This means that the state f has a direct effect on the changes in f . For example: the more firms that are located in the region, the more potential sources for spin-offs exist which, in turn, cause more start-ups to occur, so that the number of firms increases. We call this a self-augmenting process.

Second, the size of the firm population in the region influences the development of specific conditions in this region, such as industry-specific human capital, infrastructure or public support. These local conditions, in turn, have an impact on the firm population. A second local variable is necessary to capture this kind of mechanisms. This variable is denoted by c here and describes, in an abstract way, all local conditions that have an influence on the firm population. The higher c is, the more support there is for f to increase, while at the same time the value of f determines the dynamics of c .

Here a positive feedback-loop might be created.

Third, there might be other kinds of firms that benefit from the particular firm population, f , being considered and vice versa. Examples are firms that provide specific services and suppliers. If the firm population of the industry is large in a location it enhances the establishment of related service firms

and often also supplier firms in this region. Through this, two or more populations of firms become intertwined. To keep the model simple, two populations of firms that are intertwined are considered here. The size of the second firm population is denoted by s .



[그림 1] 클러스터 진화

$e \in IR_+, s \in IR_+, c \in IR_+, f \in IR_+$, 의 변수이다. 이 변수들은 동일하게 취급되지는 않는다. 이들 변수의 진화속도는 모두 다를 수 있다. 외부조건들은 기업수의 변동과 비교할 때 상대적으로 안정적인 모습을 보인다. 외부 조건은 어떤 새로운 시장이나, 급격한 기술변화를 제외하고는 일정하다고 볼 수 있다. 이 같은 조건에서는 외부조건은 일정한 파라미터로 볼 수 있다. 따라서 일정한 지역조건 내에서, 기업 간 직접 또는 간접적인 상호작용을 제외하고는 기업수 f 는 외부조건 e 에 의해 결정된다 할 수 있다. 이를 $f^\wedge(e)$ 로 정리할 수 있다. 클러스터의 출현에 대한 수학적 모델은 다음과 같이 정리할 수 있다. 이들 간 모델을 간단히 하기 위해 선형으로 제약하고, 이들 기업수의 시간에 흐름에 따른 변화로 $f^\wedge(e) - f(t)$ 라 할 수 있다. 그렇다면, 아래 수식 1 과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{df(t)}{dt} = a_{ef} \cdot (f^\wedge(e) - f(t)) \quad (1)$$

여기서, a_{ef} 는 융합프로세스의 결정계수다. 기업수 $f(t)$, 지역조건으로, $c(t)$, 공급기업과

서비스제공기업의 2차 기업 $s(t)$ 이다. 1 식의 좌변 즉, 기업의 시간흐름에 대한 변화를 2 식으로 표시될 수 있다.

$$\frac{df(t)}{dt} = a_{ff} \cdot f(t)^{aff} + a_{ef} \cdot (f^\wedge(e) - f(t)) + a_{cf} \cdot c(t)^{acf} + a_{sf} \cdot s(t)^{asf} - \varphi_f \cdot f(t)^{\rho f} \quad (2)$$

a_{ff}, a_{ef}, a_{sf} 는 각각의 상호간의 영향력이 미치는 파라미터다. 파라미터 φ_f 은 ρf 에 영향을 미치는 것으로 정의된다.

$$\frac{dc(t)}{dt} = a_{fc} \cdot f(t)^{afc} - \varphi_c \cdot c(t)^{\rho c} \quad (3)$$

지역조건에 대한 모델링 $c(t)$ 는 $f(t)$ 와 비슷하게 볼 수 있다. 식에서 a_{fc} 와 α_{fc} 는 각각의 파라미터다.

$$\frac{ds(t)}{dt} = a_{fs} \cdot f(t)^{afs} - \varphi_s \cdot s(t)^{\rho s} \quad (4)$$

4는 앞서 2차 기업으로 정의된, 공급기업, 서비스기업들의 수이며, $s(t)$ 이는 $f(t)$ 에 영향을 받는 기업임으로, 앞의 식 (3)과 같은 모형이 된다. 이제 이들 수학적 모형에서 가정을 한 파라미터의 크기가 수학적 모델에 중요한 영향을 미치게 된다.

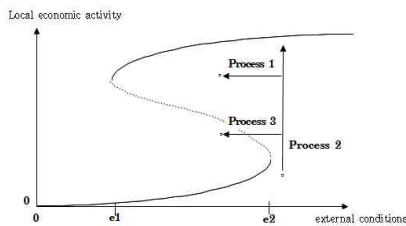
시간의 흐름에 대한 지역클러스터의 출현에 대한 진화모형의 수학적 의미는 식, (2), (3) 그리고 (4)에 있다. 위식에서 가정한 파라미터 조건이 중요하다.

$\rho_f > \alpha_{ff}, \rho_f \rho_c > \alpha_{fc}, \alpha_{cf}, \rho_f \rho_s > \alpha_{fs}, \alpha_{sf}$ 라고 정하면, $f(t) > 0, c(t) > 0$ 와 $s(t) > 0$ 조건에서는 3개의 식은 하나 또는 3개의 정적 안정상태가 된다. 정적상태가 된다면,

$$\frac{df(t)}{dt} \Big|_{st} = 0, \frac{dc(t)}{dt} \Big|_{st} = 0, \text{ 그리고 } \frac{ds(t)}{dt} \Big|_{st} = 0,$$

동시에 0로 할 때, 각각의 조건들의 시간에 대한 변화가 플러스일 때는 성장으로, 마이너스 일 때는 외부조건의 경로가 반대방향으로 작용한다. 이 같은 지역 내 조건, 이차 기업들 (공급기업 또는 서비스기업)과 외부조건에 대한 이 부분의 증명은 Tomas Breuner(2004)를 참고하기 바란다.

이를 통하여 집적지의 성장은 지역적조건(지역시스템)과 이차기업으로 공급기업과 서비스기업들의 편미분 값과 이에 따른 파라메터 값(음 -, 양 +)에 프로세스 1, 프로세스 2, 프로세스 3으로 표시되며, 클러스터의 성장이 이어지는 것을 보여준다. 클러스터의 진화를 그림[2]로 나타낼 수 있다.



[그림 2] 클러스터의 안정, 불안정

3. 혁신을 통한 기업성장

집적단지의 진화가 진행되면서 혁신활동이 활발해 진다. 슈페터리언이 아니라도, 혁신은 연구자의 가슴을 뛰게 하는 주제다. 슈페터가 정의한 혁신은 다음과 같다.

“The fundamental impulse that sets and keeps the capitalist engine in motion comes from the new consumer’s good, the new methods of production or transportation, the new markets, the new forms of industrial organization that capitalist enterprise creates (Schumpeter, 1943, P. 83[11])”

슈페터가 주장하는 혁신과정의 기업성장은 창조적 파괴(균형점 파괴)를 통하여 잃은 균형점(equilibrium)이 다시 복원하는 주기의 시간과 속도로 경제성장과 기업성장을 설명하고 있다.

이를 활용하면, 집적지내 기업들의 성장(혁신)속도가 시간이 지남에 따라 얼마나 빠르거나 느린 지식의 확산과정으로 볼 수 있다.

Metcalf(2010)[12]의 설명에 따르면, 집적지내 기업들의 평균성장률은 $g_s = \sum s_i \cdot g_i$ 로 정의할 수 있으며, s_i 는 기업의 결과물 공유, g_i 는 기업의 성장이다. 혁신을 통한 기업의 성장은

$$\frac{dg_s}{dt} = \sum \frac{ds_i}{dt} \cdot g_i + \sum s_i \cdot \frac{dg_i}{dt} \quad (A) \text{ 으}$$

로

나타낼 수 있다. 진화경제론에서는 전자를 Fisher의 교환방정식을 활용한 피셔 효과이고, 후자는 개별기업의 변화(혁신)의 결과를 나타내는 것 이를 가격효과(price effect)로 (Anderson, 2011[13]; Hodgson and Knudsen, 2010[14]) 표시된다.

$$\frac{ds_i}{dt} \equiv s_i (g_i - g_s) (B)$$

$$\frac{dg_s}{dt} \equiv V_s(g_i) + E_s \left(\frac{dg_i}{dt} \right) (c)$$

기업성장 (A) 식을 B와 C로 될 수 있는데, 오른쪽의 앞은 피셔효과로 성장률에서는 분산(Variance)을, 둘째 항은 가격(Price)효과로 이들의 시작에 따른 가속 또는 감속의 기대를 의미하고 있다. (c)는 진화경제학의 혁신의 속도와 방향을 나타낸다. 혁신의 속도가 일정하다면 즉, $\frac{dg_s}{dt}$ 이 0면, $E_s \left(\frac{dg_i}{dt} \right) \equiv -V_s(g_i)$ 이된다.

본 식이 나타내 주는 것은 집적지의 성장이 고정(Fixed)되었다 가정할 때, 기업의 개별 성장률이 일정하다는 것이 아니라 평균이해가 된다는 것이다. 성장률이 고정되었다고 가정할 때, 앞항 피셔 효과로 평균적인 기업의 성장을 존재한다. 이를 수식으로 표시하면 (D)가된다.

$$\frac{dg_s}{dt} \equiv V_s(g_i) \quad (D). \text{ 이를 통하여볼 때,}$$

진화 경제론의 시각으로 집적지의 기업들의 혁

신에 의한 성장은 이뤄진다. 집적지 기업들의 지식흐름과 가치로 제시된 혁신과 기업성장모델을 통하여 볼 때, Price 효과로 표시된 부분이 일정하고 고정된다는 조건으로 설명하였지만, 많은 선행연구에서 집적지내 기업들의 성장이 빠르다는 것을 보여고 있다.

4 결론

Marshall (1920[15])의 산업지구이론을 바탕으로, 집적지의 기업들의 성장에 대한 신 슈페터리언의 혁신연구는 많은 학자들의 관심거리다. 본 연구에서는 집적지 즉, 클러스터의 성장과 집적지 내 기업들의 혁신과 기업성장에 대한 수리모형을 조명하여, 경제학적 입장에서 클러스터의 진화를 살펴보았다.

본 논문에서 살펴본, Breuner(2004)와 Metcalf(2010)의 수리모형은 집적지내 기업의 혁신활동과 클러스터, 즉 집적지의 성장에 대한 이론을 제시하고 있다. 연구에서 살펴본 결과를 요약해 보면, 첫째, 클러스터의 성장은 클러스터의 지역적인 조건, 이차 기업으로써, 서비스업체 공급자의 기업 간의 함수로 설명된다. 물론, 수리모형에서 알 수 있듯이, 제약과 가정을 적용해 볼 때, 클러스터가 시간의 흐름에 따라, 성장과 담보, 퇴보를 반복하면서 성장하는 것을 알 수 있었다. 이를 통하여 볼 때, 우리나라의 지역혁신체계의 진화모형을 예측할 수 있다. 새로운 혁신모델의 출현이란 쉽지 않지만, 지역적인 특색의 조건들이 지속적으로 상호작용할 수 있고, 지역 내 공급 기업들의 역할이 연계되는 것이 성장의 관건임을 알 수 있다.

Meltcaf의 수리모형의 조명은 집적지내 기업들의 창조적 파괴를 통한 혁신으로 성장하는 모형을 제시해 준다. 집적지의 기업들 간의 지식의 교류를 통한 혁신의 효과를 제공해 준다. 집적지의 성장이 고정된다면, 즉 클러스터 성장이 멈춰버린다는 것은 기업의 성장이 둔화된

다는 것이다. 이는 클러스터의 성장은 기업들의 지식들의 공유와 경쟁을 통한 혁신으로 성장이 이어지고 있다는 것을 의미한다.

두 논문의 재조명을 통하여 볼 때, 우리나라의 지역혁신체계의 지속적인 성장을 위해서는 기업들에게 혁신의 유인될 수 있는 지역적 조건을 새롭게 공급하는 것이다. 뿐만 아니라, 기업들 간의 경쟁과 상호 지식교류를 통한 피셔 효과의 긍정적인 방향이 끊임없이 발휘되도록 하는 혁신정책의 제공이 중요하다 볼 수 있다.

본 논문은 서론에서 언급한 바와 같이, 진화경제론과 신슈페터리즘에 기초한 조명이었다. 이에, 고진경제학 시각과 다소 접근이 다를 수 있다는 점을 말해둔다.

참고문헌

- [1] Porter, M. (1990), "The competitive advantage, agglomeration economies, and regional policy", *International Regional Science Review*, 19(2), 85-94.
- [2] Krugman, P. (1993) " On the relationship between trade theory and location theory;" *Review of international Economics*, 1(2), 110-122.
- [3] Saxenian, A. L. (1992),"Regional Advantage," Cambridge: Harvard University Press.
- [4] Allen, P. M. (1997), "Cities and Regions as Evolutionary, Complex system, *Geographical System*, 4, 103-130.
- [5] Brenner, T. (2004)."*Local Industrial Clusters:Existence, Emergence and Evolution*". London: Routledge.
- [6] OECD, (1999), " *Boosting innovation:*

the cluster Approach, OECD proceedings.

- [7] Cooke, P. (1998), "*Regional Innovation System*", UCL Press.
- [8] Dosi, (1984). "*Technical change and Industrial Transformation*, New York: St. Marin's Press.
- [9] Lundvall, B. A. (1998), "*Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation*, in G. Dosi, Freeman, Nelson, Sivergerg and Soete (eds.), *Technical change and Economic theory*, Pinter Publishers, London.
- [10] OECD. (1997). *Technology Incubators: Nurturing Small Firm's*. Organisation for Economic.
- [11] Schumpeter, J. (1943), "*Capitalism, Socialism and Democracy*," George Allen and Unwin, London.
- [12] Metcalfe, J. S (2010), "*Evolutionary Economics and Creative Destruction*," Routledge, London and NewYork.
- [13] Anderson, E., (2011), "*Schumpeter's Evolution*," London, Palgrave MacMillan.
- [14] Hodgson. G., and Knudsen, T., (2010), "*Darwin's Conjecture: The Search for General Principles of Social and Economic Evolution*," Chicago, University of Chicago Press.
- [15] Maskell, P., and Mamberg, A. (1999), "Localized learning and industrial competitiveness," *Cambridge Journal of Economics*, 23(2), 167-186.

한정희(JungHee Han)



- 2008년 서울대학교(박사)
- 현재 홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 조교수
- 2016년 2월 19일 기술경영경제학회 최우수 논문상 수상
- 관심분야: 기술경영, 기술사업화와 창업.

· E-Mail: hjh0037@hongik.ac.kr