

복잡계 패러다임의 특성과 전망

김 문 조*

이 논문은 최근 자연과학 분야에서는 물론이요 사회과학과 더불어 인문예술 영역에 이르는 방대한 학문 영역에서 영향력을 행사하고 있는 복잡계 패러다임의 특성과 전망을 고찰하고자 한 것이다.

흔히 '전체론적 세계관'이라든가 '심층생태학적 관점' 등으로 대변되는 복잡성 패러다임은 개방체계적 사고의 연장선상에 위치한 것으로서, 일차적으로는 개방성, 성장성, 가형성, 썬(부)의 엔트로피, 적극적 환류, 자기규제성, 자기목적성, 등종작성과 같은 개방체계적 속성을 함유한다.

그러나 지난 20여 년간 학제적 경계를 초월해 활발히 진전된 복잡계론은 종전의 개방체계론적 논의 수준을 넘어서는 새로운 착상이나 증거를 지속적으로 축적해 온 바, 여기서는 (1) 복잡계 이론이 형성되고 발전되어온 전개과정을 간략히 개관하고, (2) 비평형성, 비선형성, 소산구조, 자기조직성, 프랙탈 기하학, 자동생산성 및 공진화와 같은 복잡계의 주요 특성들을 논의하며, (3) 니콜라스 루만의 체계이론을 사례로 복잡계 패러다임의 사회과학적 적용을 검토한 후, (4) 복잡계 패러다임의 함의와 전망을 진단해 보고자 한다.

【주제어】 복잡성, 루만, 자동생산성, 체계이론, 동역학

복잡계 패러다임을 일률적으로 규정하기란 용이치 않다. 단일 학과가 아닌 여러 학문분야에 걸쳐 발전되어 왔을 뿐 아니라, 아직 완결된 상태가 아닌 형성 중에 있는 관점인 때문이다. 하지만 자연현상이나 사회현상의 복잡성을 있는 그대로 탐구하자는 정신을 견지한다는 점에서 그것은 전통적 과학의 한계를 극복하려는 동기에서 기초한 것임은 분명하다.

평형적 질서를 선호하는 전통적 과학은 선형적 인과관계를 전제하면서 특정 사물이나 현상의 결과가 예측가능하다고 본다. 또 탐구 대상을 요소로

* 고려대 사회학과 교수
전자우편: muncho@korea.ac.kr

나누어 분석하고자 하는 전통 과학은 부분에 대한 고찰로 설명불가한 체계의 복잡성을 인식적 한계를 벗어난 미지의 영역으로 간주한다. 반면 복잡계 패러다임은 전통적 과학이 외면했던 비평형이나 불균형 문제를 중시하면서, 질서와 무질서를 동질이성적(isomeric) 현상으로 파악한다. 또 분할론이 아닌 전체론적 시각으로 대상에 접근하는 동시에 요소들 간의 관계 역시 선형적 인과관계가 아닌 역동적 비선형 관계로 상정함으로써 사태의 예측이 간단치 않음을 시사한다.

최근 수학, 물리학, 화학, 생물학과 같은 자연과학 분야에서는 물론이요 사회학, 심리학, 행정학, 경영학, 경제학 등의 사회과학과 더불어 철학, 문학, 미술, 음악 등 인문예술 영역에 이르는 방대한 학문 영역에서 영향력을 행사하고 있는 복잡계 패러다임은 1940-50년대에 개방체계론이 끼쳤던 충격을 넘어선 크나큰 파급효과를 학문세계에 끼치고 있는 바(Bourdouries, 2002; CALResCo, 2003), 이 글에서는 (1) 복잡계 이론이 형성되고 발전되어온 전개과정을 개관하고, (2) 그 특성을 일곱 가지 범주로 나누어 고찰하며, (3) 니클라스 루만의 체계이론을 사례로 복잡계 패러다임의 사회과학적 적용을 검토한 후, (4) 복잡계 패러다임의 함의와 전망을 약술해 보고자 한다.

I. 복잡계 패러다임의 전개과정

과학 패러다임의 새로운 경향을 대변하는 복잡계 패러다임은 흔히 “기계론적 세계관에서 전체론적 세계관으로”라든가 “부분에서 전체로”라고 표현되는 인식적 대전환의 소산으로 평가되고 있는데, 그 기본 속성들을 요약하면 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 과학 패러다임의 변천

기계론적 (부분)	전체론적 (전체)
경험적	직관적
분석	종합
환원론	전체론
선형	비선형
확장/경쟁/양/지배	보존/상호의존/질/협동

기계론적 세계관에 대한 최초의 반발은 독일 낭만주의 운동의 중심 인물인 괴테로 소급할 수 있다. 동역학적, 발생론적 관점에서 생물형태에 대한 연구를 수행하며 ‘형태학’(morphology)이라는 용어를 최초로 창안한 괴테는 생명체의 형태를 조직된 전체 속에서의 상호연관적 패턴으로 인식하고자 했는데, 이는 오늘날의 시스템적 사고의 선구에 해당한다고 할 수 있다. 생명현상의 이해를 강조한 칸트 역시 생명체를 “자기재생산적, 자기조직적 전체”라고 주장하였는데, 이처럼 낭만적 자연관에서는 자연 질서나 세계를 하나의 “조화롭고 통합된 전체”로 바라보고자 했다. 지구를 생물, 기후, 지각이 공진화하는 살아있는 전체로 간주하는 가이아 이론 같은 것이 그러한 인식의 전형에 속한다고 하겠다(Lovelock, 1979). 여기에 부분들 간의 결합 효과를 강조하는 시스템적 사고(systemic thinking)가 병합해 복잡계 패러다임이 태동하게 되는데, 이같이 새로운 발상이 출현하게 된 데는 다음 학자들의 공로가 지대했다고 알려지고 있다.

- (1) 위너(Nobert Wiener): 1948년 사이버네틱스 연구를 통해 통제와 의사교환에 관한 새로운 착상을 제기함
- (2) 새넌(Claude Shannon): ‘정보론’이라는 것을 통해 피드백 루프를 개념화함

- (3) 버탈란피(Ludwig von Bertalanffy): 제반 과학의 대통합을 지향한 일반체계론(general system theory)의 선도자
- (4) 프리고진(Ilya Prigogine): 결정론을 대신한 구성주의적 관점을 제시
- (5) 푸앵카레(Jules H. Poincare): 동역학이론의 모태가 되는 비선형 수리체계를 정립
- (6) 마투라나(Humberto R. Maturana)와 바렐라(Francisco J. Varela): 인지적 연결망의 자동생산성에 기초한 새로운 생명관을 제시

II. 복잡계 패러다임의 특성

전통과학적 접근과 구분되는 복잡계 패러다임과의 특성은 시스템 사고의 진화과정을 통해 직시할 수 있다. 조직연구 분야에서 집중적으로 거론되어 온 시스템 개념의 발전사는 폐쇄체계(closed system) → 자연체계(natural system) → 개방체계(open system) 이라는 삼 단계 과정으로 요약할 수 있다(Scott, 1998). 폐쇄체계는 액면 그대로 외부 환경의 영향력이 단절된 상태를 뜻하고, 그에 대응되는 개방체계는 외부 환경과 지속적 교류가 이루어지는 상태를 의미한다. 한편, 폐쇄체계와 개방체계의 접점에 위치하는 자연체계는 의도하지 않은 체계-환경간의 상호작용이 포착되는 상태를 지칭하는데, 양가적 입장을 수용하는 자연체계론은 체계 개념을 닫힌 상태에서 열린 상태로 진전시키는 데 부분적으로 기여했다고 본다.

흔히 일반체계이론(general system theory; GST)라고 불리는 개방체계론은 전체성(wholeness)을 강조하는 새로운 보편과학으로서, 조직화된 전체에 관심을 갖는 여타 분야의 학자들에게 크나큰 영향을 끼쳤다. 개방체계론의 발전에 결정적으로 기여한 버탈란피는 진화라는 개념이 과학계에 등장한 19세기 이래 학자들이 해결하지 못한 딜레마를 지적하면서, 힘과 궤적에 대한 뉴턴 역학을 넘어서서 성장이나 변화와 같은 진화의 문제를 다룰 수 있는

새로운 과학을 요구하였다.

프랑스 물리학자 사디 카르노는 열의 소산법칙으로 알려진 열역학 제2법칙에서 자연계에는 질서에서 무질서로 향한 경향성이 내재하고 있음을 밝혔다. 이러한 물리적 현상의 전개방향을 수량적 형식으로 표현하기 위해 물리학자들은 “무질서의 정도”를 의미하는 엔트로피 개념을 발전시켰다. 열역학 제2법칙과 엔트로피의 정식화를 통해 과학계에 “시간의 화살”로서 비유되는 비가역성 모형이 확립되었다. 소산되어 열로 바뀌는 우주의 에너지는 완전히 기계적 에너지로 환원될 수 없으므로 세계라는 기계는 점차 느려져서 결국에는 정지할 수밖에 없다는 것이다(Capra, 1996).

우주의 운행에 관한 이러한 암울한 전망은 19세기에 생물학계에 널리 퍼져있던 진화적 낙관론과 극명히 대비되었다. 당시 생물학자들은 생동하는 우주가 무질서에서 질서로 복잡성이 증대되는 방향으로 진화해간다고 생각했다. 세계의 엔진이 점차 느려져 무질서의 상태로 귀결된다는 카르노의 주장과 살아있는 우주가 보다 고등한 상태로 진화해 나간다는 다윈의 상반된 입장을 버탈란피는 개방체계의 관점에 의해 통합적으로 인식하고자 했다(Bertalanffy, 1968). 복잡계(complexity system)란 이러한 개방체계적 사고의 연장선상에서 도출된 결과로서, 그것은 일차적으로는 다음과 같은 일련의 개방체계적 속성을 함유한다(Buckley, 1967).

- (1) 개방성(openness: 정의적 특성) 주위 환경과 물자, 에너지 및 정보를 교환하는 상태
- (2) 성장(growth) 유입된 자원의 일부를 이용한 체계의 진화나 발전
- (3) 가형성(morphogenesis) 성장발전을 통한 구조적 변화의 가능성
- (4) 음(부)의 엔트로피(negative entropy / negentropy) 구조적 복잡성이나 정교성을 강화되는 경향
- (5) 正(정)의 피드백(positive feedback) 결과가 이전 과정에 영향을 끼쳐 반응의 양상을 변경시키는 현상

- (6) 자기규제(self-regulation) 정의 피드백을 통해 변화과정에 자율적 통
어력을 행사하는 행위
- (7) 목적성(purposiveness / teleology) 고정적이지는 않은 역동적 목표
가 상존하는 경향
- (8) 등종착성(equifinality) 동일한 결과에 이르는 과정이 상이하다는 점
을 지칭하는 개념

그러나 지난 20여 년간 다양한 학문분야에서 활발히 진전된 복잡계론은
중전의 개방체계론적 논의 수준을 넘어서는 새로운 착상이나 증거를 지속적
으로 축적해 왔는데, 개방체계론에서 명시되지 않은 복잡계의 부가적 속성
들을 총괄적으로 정리하면 다음과 같다.

1. 비평형성(Disequilibrium)

복잡계는 외부환경과 물질, 에너지, 정보를 상호교환하는 개방체계로서,
그것은 끊임없이 이합충돌하는 하위체계들로 구성된 것이다. 따라서 복잡계
는 때때로 단 한 번의 사소한 동요에도 돌출적 변화를 일으킬 수 있다. 그
러한 사태가 관측되는 대목을 분기점(bifurcation point)라고 하는데, 이 때 변
화가 어느 방향으로 전개될 것인가를 사전에 예측하기가 용이치 않다. 즉,
체계가 '파국'(catastrophe)라는 혼돈의 늪으로 와해될는지 혹은 보다 고차
원의 조직화된 질서로 향진해 갈는지를 쉽사리 판정할 수 없다.

프리고진과 스텐저스는 분기점의 기로에서 초래되는 변화의 방식을 파악
하기 위하여 체계를 평형상태, 평형에 가까운 상태, 평형에서 먼 상태, 비평
형상태로 구분해 조직화 현상을 관찰하였다. 그 결과, 체계 내에서의 작은
동요가 체계를 평형에서 멀리 떨어진 상태로 유도하면서 체계의 구조를 위
협하게 되면 체계가 분기점에 도달해 다음 상태의 예측이 불가능해지게 되
는 변화나 혁신의 조건이 형성됨을 밝혔다(Prigogine and Stengers, 1984).

이런 점에서 복잡계 패러다임에는 비평형성을 탐구 영역으로 끌어올린 공적을 부여해야 할 것이다.

평형상태의 체계에서는 결과가 양자택일적이다. 부의 피드백이 작동하는 시스템은 안정성을 보이는 반면, 정의 피드백이 작동하는 시스템은 불안정한 평형상태를 보인다. 반면 비평형 시스템에서는 안정적이며 불안정적인 평형이 동시에 출현할 수 있다. 즉, 비평형 시스템에서의 불안정성은 한정적이라고 할 수 있다. 이렇듯 평형으로부터 멀리 떨어진 상태의 비평형 시스템은 정의 피드백과 부의 피드백이 번갈아 작동하기 때문에 안정성과 불안정성을 동시에 함유한다(Foerster and Zopf, 1962)

따라서 비평형상태의 역동적 체계는 평형상태의 그것보다 창조적이라고 말할 수 있다. 복잡계 관점에서 볼 때 안정적이고 응집성이 강한 체계는 오히려 사멸하기 쉽다. 평형상태를 유지하는 체계에는 혁신이 허용되지 않기 때문이다. 반면, 긴장과 갈등이 혼재하는 역동적 체계는 변혁적·창조적이다. 역설적이기는 하나, 무질서와 안정 사이의 혼돈상태 하에 있을 때 체계는 자기조직성을 발현하여 창조적 변신을 도모할 수 있다. 하지만 안정되고 예측가능한 평형상태의 체계에서는 창조적 진화를 원천적으로 기대할 수 없다.

2. 비선형성(Nonlinearity)

기계론적 관점에서는 비례적 변화를 전제로 하는 선형성(linearity)이 강조된다. 과거 수백 년간 자연현상은 선형성에 입각한 뉴턴의 기계론적 관점에 의해 설명되어 왔으며, 사회과학에 있어서도 인간의 행동이라 심리를 설명하는데 선형적 모형이 널리 적용되어 왔다.

그러나 현실계의 모든 요소들은 사실상 선형적 인과성으로 파악하기 어려운 복잡한 비선형성을 함유하고 있다는 데 문제가 있다. 특정 활동이 하나 이상의 결과를 만들어 내며 또 그들이 부분들의 합 이상을 넘어서는 결과를

창출할 때 체계가 비선형성을 지니고 있다고 간주되는데, 비선형성계에서는 분기점을 벗어난 사건이 어느 쪽으로 진행될 것인가를 손쉽게 예측할 수 없다. 이는 곧 고전적 인과율에 의거한 결정론적 서술방식이 지양되어야 함을 뜻한다.

비선형성을 대변하는 대표적 현상의 하나가 초기사건에의 민감성 (sensitive to initial state)으로서, 사소한 초기 상태의 미세한 변화가 시스템 진화에 예측치 못할 엄청난 결과를 초래한다는 기상학적 특성을 제기한 로렌츠의 나비효과(butterfly effect)에서 그 전형을 발견할 수 있다(Lorenz, 1963). 이러한 효과는 체계가 평형으로부터 멀리 떨어진 분기점에 근접해 있을 때 발생하는 것으로서, <그림 1>에서의 기묘한 끌개들(strange attractors)과 같이 초기조건이 전체적 결과에 예측불가의 효과를 미친다면 부분들의 합으로 전체를 이해하는 것은 부당하다고 본다.



<그림 1 > 기묘한 끌개들, http://ccrma-www.stanford.edu/~stilti/images/chaotic_ttractors/fsh.html

예측가능성은 부의 피드백에 의해 지배되는 단순 체계 하에서만 보장된다. 단순체계는 부의 피드백에 의해 원래 상태로 복원하려는 탄력성을 행사할 수 있기 때문이다. 이 때 변화는 부의 피드백을 초월할 정도의 강력한 외부의 힘에 의해 이루어질 뿐, 사소한 동요는 오직 한 가지의 유일한 평형 상태로 이를 것으로 이해된다. 그러나 대부분의 현실계는 부의 피드백과 정의 피드백 과정을 공유해 스스로를 변화시킬 수 있는 복합적 적응체계 (complex adaptive system)이므로, 단순 체계에서는 예상할 수 없는 다양한

결과들을 산출하게 된다.

특히 우연한 환경과 사소한 사건이 분기점에서 조우하게 되면 주어진 과정의 행로를 대폭 변경시킬 수 있는 엄청난 결과가 야기될 수 있다. 사태의 전개에 '경로의존성'(path dependency)이 증시되는 것은 바로 이 때문이다 (Arthur, 1994). 즉, 복잡계에서는 이따금 요동을 증폭시켜주는 미작위적 사건, 우연 및 정의 피드백 등이 상호결합되어 체계의 안정성을 경계 밖으로 배출함으로써 총체적 유형변화를 유발하는 비선형적 결과가 초래될 경우가 있다.

대체적으로 비선형 방정식들은 하나 이상의 해를 갖는다. 그리고 비선형도가 높아질수록 해의 수도 많아진다. 이는 곧 한 순간 예상치 못한 돌발적 상황이 창출될 수 있음을 뜻하는 것으로서, 비선형 시스템에는 분기점과 마주치는 순간 전혀 뜻밖의 새로운 상태로 분기할 수 있는 가능성이 상존한다 (Capra, 1982).

3. 소산구조(Dissipative Structure)

프리고진은 1967년 스톡홀름에서 열린 노벨 심포지엄 기념강연에서 “평형 상태와는 거리가 먼 안정된 상태에서 스스로를 유지할 뿐 아니라 진화할 수도 있는” 소산구조라는 개념을 최초로 제기하였다. 소산구조란 시스템의 하위요소들이 환경으로부터 새로운 에너지를 유입하고 그로부터 생성된 엔트로피를 외계로 방출할 때 새로이 창출되는 형태를 지칭한다(Prigogine, 1977).

소산구조의 가장 간단한 예로서는 욕조에서 물이 빠져나갈 때 발생하는 소용돌이를 들 수 있다. 물이 배수구를 향해 밀려갈 때 방사상류의 속도는 회전속도에 비해 증가한다. 중력의 가속으로 인해 유속이 증가하는데, 그로 인해 회전반경이 줄어들면서 회전속도도 증가하여 소용돌이 관(vortex tube)을 형성하게 된다. 즉, 물을 배수구로 끌어들이는 중력, 안쪽으로 몰려

드는 물의 압력, 그리고 바깥쪽으로 작용하는 원심력이 서로 균형을 이루면서 깔때기 모양의 안정된 상태에 도달하게 되는 것이다.

이와 유사한 현상을 우리는 특수한 대기조건 하에서 나타나는 허리케인이거나 토네이도로 등에서도 관찰할 수 있다. 대기 중에서 발생하는 소용돌이와 관련된 현상들은 육조에서의 소용돌이에 비해 훨씬 풍부하다. 거기에서는 온도차, 공기의 팽창과 수축, 습기의 영향, 응결과 증발 등등 여러 새로운 요인들이 부가적으로 작용하기 때문에 보다 다양한 동역학적 움직임이 나타난다(Capra, 1996). 따라서 소산구조는 미리 결정된 것이 아니라 동전을 던지는 것과 같은 확률적 과정을 동반한 분기점을 통해 정해지는 비선형적 결과라고 할 수 있다. 한 분기점에서 체계는 새로운 경로를 거치게 되는데, 경로가 일단 결정되고 나면 다음 분기점에 이르기까지 체계는 결정론적 운동 원리에 준거한 안정적 모습을 견지하게 된다.

소용돌이나 허리케인과 같은 자연계의 소산구조는 주위환경으로부터 유입되는 자극이 안정적으로 존재하는 한 안정성을 유지할 수 있다. 마찬가지로 생명체라는 소산구조 역시 생명을 존속하고 자체적 구조를 유지하기 위해서는 외부 세계로부터 공기, 물, 음식 등의 지속적 반입을 필요로 한다. 생체의 신진대사를 주관하는 이 거대한 연결망이 바로 생명체를 평형과는 거리가 먼 비평형 상태로 유지시키면서 피드백 루프를 통해 새로운 발생과 진화를 야기한다. 따라서 그동안 사이버네틱스 연구에서 항상 파국적인 것으로 간주되어온 '폭주' 피드백도 소산구조론을 통해 복잡성이나 질서의 새로운 근원으로 인정받게 된다.

4. 자기조직화(Self-Organization)

자기조직화라는 개념이 최초로 등장한 시기는 사이버네틱스 연구가들이 신경망의 내재적 논리를 표현하는 수학적 방법을 구성하기 시작할 때였다. 1943년 신경과학자 맥컬록과 수학자 피츠는 “신경활동에 내재하는 개념들의

논리적 계산”(A Logical Calculus of the Ideas Imminant in Nervous Activity)라는 선도적 논문에서 모든 행동의 논리가 연결망을 구성하는 규칙으로 변환될 수 있다고 주장하면서, 신경계를 이진 스위칭 소자들의 복잡한 연결망으로 모형화하였는데(McCulloch and Pitts, 1943), 후속 학자들이 그러한 연결망을 직접 제작해 실험해 보니 대부분 연결망에서 일시적 혼란 끝에 부분적으로 질서 있는 패턴들이 창발된다는 놀라운 사실을 발견하였다.

이로부터 자연발생적 질서의 형성을 뜻하는 ‘자기조직화’라는 용어가 출현하였는데, 실로 다대한 의미를 함축한 자기조직화 개념이 학계로 널리 알려지면서 시스템 연구가들은 그것을 각자의 용도에 맞게 발전시켰다. 특히 물리학자이자 사이버네틱스 연구자인 포에스터는 20여년 간 학제적 연구활동을 주도하고 지원하면서 자기조직화 현상에 대한 이해를 진작시키는데 결정적으로 기여했다.

포에스터는 ‘조직’이라는 말에 함축된 질서의 증가를 규정하는 데 사용할 수 있는 질서의 척도란 무엇인가라는 물음을 제기한 후, 생물 시스템에 관한 고찰을 통해 생명체가 단지 환경으로부터 질서를 수입하는 것이 아니라 에너지가 높은 물질로부터 질서를 취한 후 그것을 자체적 조직 속으로 통합시켜 내부적 질서를 증가시킨다는 이른바 ‘잡음으로부터의 질서’(order from noise)라는 해석을 제안하였다(Forrester, 1968).

1960년 대 이후 자기조직화 개념은 벨기에의 프리고진, 독일의 하켄 및 아이겐, 영국의 러브록, 미국의 마굴리스, 칠레의 마투라나와 바렐라 등에 의해 정교화 된다. 자기조직화에 대한 초기 개념과 보다 정교화 된 후기 개념들은 모두 평형상태와는 거리가 먼 방식으로 작동하는 개방체계를 상정하고 있다는 점, 또 체계의 구성요소들은 비선형적 방식으로 상호 연결되어 있다는 주장을 공유한다. 그러나 후기 개념들은 자기조직화 과정 속에서의 새로운 구조적 발현을 보다 핵심적으로 강조한다. 즉, 초기 연구가의 한 사람인 애슈비는 “어떤 구조들의 다양성 범주 내에서 발생가능한 모든 구조적 변화나 체계의 생존가능성은 그러한 범주의 풍부함이나 필수 다양성

(requisite variety)에 달려 있으며 거기에는 창조성도 발전도 진화도 없다”고 단언한 반면(Ashby, 1947), 후기 연구가들은 발전·학습·진화 과정에서 새로운 구조가 출현할 가능성, 요컨대 비평형 상태 하의 개방체계에서 내적인 피드백 루프에 의해 새로운 구조의 상호연결망이 비선형적으로 창발될 가능성이 있음을 강조했다(Capra, 1996).

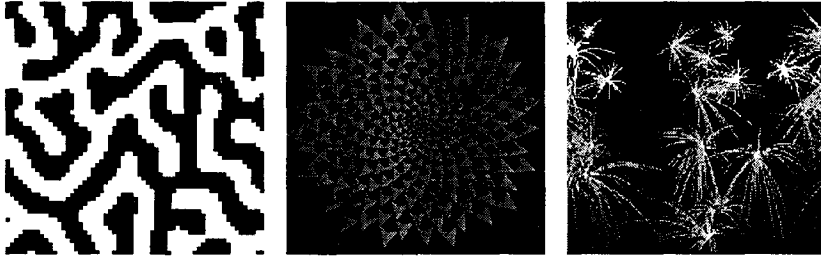
5. 프랙탈 기하학(Fractal Geometry)

프랙탈 기하학은 나무나 혈관의 가지, 해안선이나 산, 울퉁불퉁한 구름의 모양, 혹은 양치식물의 잎이나 켈리플라워 모양처럼 유클리드 기하학 내에서는 다루어지지 않았던 자연계의 복잡한 자기유사적 도형을 연구하는 학문을 말한다. 그 창시자인 부누아 만델브로는 다음과 같은 물음을 제기하면서, 불규칙한 자연현상의 다양성을 나타내는 현상을 관찰하는 과정에서 그 기하학적 형태들이 몇 가지 놀라운 공통적 특성들을 지니고 있음을 간파했다.

자연의 대부분은 매우 복잡하다. 우리는 어떻게 구름을 기술할 수 있을까 “ 구름은 구(球)가 아니다 …… 구름은 공과 비슷하나 대단히 불규칙하다. 그렇다면 산은? 산도 원뿔은 아니다 …… 만약 당신이 구름, 산, 강, 혹은 번개에 대해 이야기하고 싶다면 학교에서 배운 기하학적 언어로는 절대적으로 불충분하다(김용정·김동광, 1998: 188).

이 같은 문제의식 하에 1970년대 중반 자연계에 존재하는 불규칙한 형상들의 복잡성을 기술하고 분석하기 위한 새로운 기하학을 창시한 만델브로 자신은 프랙탈 기하학과 복잡계 이론 사이의 연관성을 온전히 간파하지 못했다. 하지만 동료 수학자들은 곧 프랙탈 구조의 부분들을 확대시키면 그 구조 내에는 동일한 구조가 반복적으로 되풀이되는 다층 하부구조가 존재한다는 사실을 밝혀내었다. 따라서 우리는 컴퓨터의 도움으로 간단한 기하학

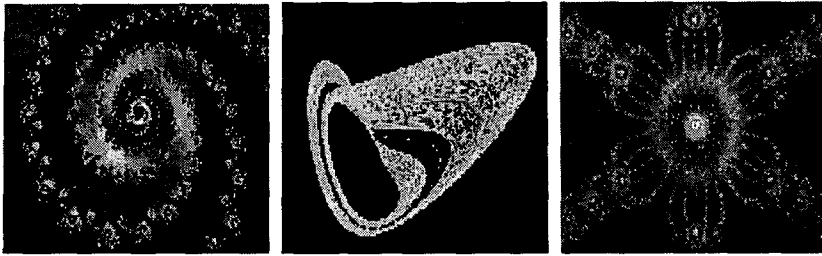
적 반복을 통해 <그림 2>과 같은 '프랙탈 위조'(fractal forgeries)라고 하는 것을 얼마든지 제작할 수 있다.



<그림 2> 컴퓨터로 제작할 수 있는 프랙탈 도형의 사례: 모피, 해마라기, 불꽃
"NetLogo Models Library", <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

수많은 나무의 모양은 어느 것 하나 동일하다고 말하지 못할 정도로 복잡 다단하지만 그것이 형성되는 과정은 간단한 수학기공식으로 정식화될 수 있을 만큼 단순하다. 이러한 규칙적 불규칙성(regular irregularity)을 나타내는 형상이 프랙탈 구조(fractal structure)인 것이다(Mandelbrot, 1998). 한마디로 프랙탈 구조란 어느 한 부분을 잘라보아도 전체의 모양과 닮아있는 자기상사성(self-similarity)을 지닌 구조를 뜻한다. 즉, 프랙탈 구조는 어느 부분이나 전체를 파악할 수 있는 정보를 가진 상태를 의미하는 것으로서, 일부만 보아도 전체의 구조를 알 수 있는 구조적 효율이 높은 경우에 해당한다.

자기유사성을 반복하는 과정에서 얻어지는 프랙탈은 '혼돈 속의 질서'(order out of chaos)라는 복잡계 이론의 기본 명제를 가시적으로 대변한다. 예컨대, 세모꼴의 반복에 의해 구성되는 '코흐의 곡선'(Koch curve)은 별 모양이 되기도 하고, 눈모양이 되기도 하며, 해안선 모양이 되기도 한다. 따라서 우리는 카오스(혼돈)란 단순한 무질서나 무정형 상태가 아니라 고도의 질서를 내장하고 있는 상태를 뜻한다는 새로운 인식에 도달할 수 있다(<그림 3> 참조).



<그림 3> 프랙탈 도형의 사례들, "Fractal, Complexity and Artificial Life Images", <http://www.calresco.org/images.htm>

6. 자동생산성(Autopoiesis)

자동생산성이란 칠레 생물학자 마투라나와 바렐라가 창안한 개념으로서, "생명 순환의 원리를 기본으로 하는 생물시스템의 자기조직화 과정"을 뜻한다. 마투라나와 바렐라는 인간이 세계를 인식하는 과정을 자세히 연구해 볼수록 이 세계가 어떻게 출현하는가라는 본원적 문제를 우리의 생물학적·사회적 행위의 역사와 분리시켜 생각할 수 없다고 말하면서, 생명 체계를 중심으로 자동생산성 논의를 전개한다.

1971년대 노벨 수상자인 생화학자 아이젠은 지구상 생명의 기원이 평형과는 거리가 먼 조직화 과정의 소산일지 모르며, 그 과정에는 복수의 피드백 루프로 이루어진 초사이클(hypercycle)들이 포함되어 있을 것이라는 가설을 제기한 바 있다. 더불어 그는 15가지 효소들로 이루어진 촉매연결망에 대한 실험을 통해 그들이 불안정성을 거치며 진화하여 보다 높은 조직수준을 창조한다는 점을 발견하였다(Eigen, 1971). 향후 초사이클 모형은 자연과학 일반은 물론이요 음향학이나 교통학 등까지 널리 파급되었으나, 우리는 초사이클 이론을 생명 시스템 연구의 시발로 간주할 수는 있되 그것을 살아있는 생명체 현상으로 인정할 수는 없다고 본다.

그러면 살아있다는 것은 무엇인가? 다시 말해 생물 시스템과 무생물 시스

템을 구분지을 수 있는 기준은 자기조직성과 어떻게 연관되는 것인가? 유기체론적 생물학자들이 생물학적 형태의 본성에 대한 탐구에 골몰하고 사이버네틱스 연구자들이 정신의 본질을 이해하고자 노력할 1960년 대 말에 마투라나는 두 가지 난제를 단번에 풀 수 있는 열쇠가 '생명의 조직'(organization of living)에 대한 이해에 달려 있음을 인식하고 신경계의 순환조직이 모든 생물 시스템의 기본임을 강조하였다. 1970년부터 바렐라와 공동연구에 착수한 마투라나는 신경조직에 관한 자신의 새로운 사고를 '자동생산성'(autopoiesis)라고 이름 짓고, 후속 저작들을 통해 그 개념을 적극적으로 개진하였다(Maturana and Varela, 1980).

차후 마투라나와 바렐라는 자동생산성에 관한 자신들의 입장을 '조직'과 '구조'의 차이점을 중심으로 상론하게 되는데, 한 마디로 생물 시스템의 구조는 물리적 구성요소들 간의 실질적 관계를 뜻하는 것이라면, 조직이란 그것이 특정 집단에 속하는 것으로 특징짓는 구성요소들 간의 관계성을 의미한다고 주장하면서, 관계들의 추상적 기술인 조직은 그 구성요소와는 근본적으로 무관하다고 말한다. 이렇듯, 자신들의 관심이 구조가 아니라 조직임을 명시하면서 그들은 자동생산성이 모든 생명체의 공통적 속성임을 역설하였다(Maturana, 1988).

7. 공진화(Coevolution)

공진화란 상호의존적 요소들이 서로 영향을 끼치며 동반적으로 진화해 나가는 현상을 의미한다. 즉, 생명계 현상을 놓고 말한다면, A라는 종의 변화가 B라는 종의 생존환경을 만들고, B의 변화가 다시 A의 생존조건이 되는 가역적이자 연속적인 과정을 의미한다. 이러한 공진화 이론은 실제의 진화가 생명체의 돌연변이가 환경에 의해 선택된다는 적자생존의 논리에서 벗어나, 전체가 개체를 진화시킬뿐더러 개체도 전체를 진화시키는 데 기여하는 상호 변화적 과정임을 함축한다. 마투라나와 바렐라에 의하면 생명체는

행태적 결합을 도모하는 조건 하에서 상호작용 한다는 것이다. 그 같은 조건에서 유기체 A의 자기변형적 행위는 유기체 B를 변형시키는 근원이 될 수 있고, 그런 중에 유기체 A의 변형 근원이 되는 유기체 B의 보상적 행위가 교직적으로 수반될 수 있다(Gleick, 1987).

진화에 관한 지금까지의 주류적 해석은 자연선택의 압력 하에서 진화 과정을 밟는 모든 생명체는 생존하고 생식할 수 있는 조건에 이르기까지 주위 환경에 적응하고자 노력한다는 것이었다. 하지만 복잡계 패러다임에 의하면, 진화는 자연선택의 직접적 결과가 아니라 선택이 거기에 작용하도록 틀지어진 자연적 질서의 결과로 풀이될 수 있다. 물론 이러한 새로운 학설은 아직은 진화에 관한 대안적 이론으로 확립되지 못하고 있으나, 앞서 논의된 복잡계론의 주요 개념들은 그러한 공진화 가설을 뒷받침할 수 있는 많은 단서들을 제공해 준다.

한편, 인류학자이자 사이버네틱스론자인 베이트슨은 생명계뿐 아니라 가족이나 사회조직과 같은 사회체계 내에서의 행동도 공진화 과정과 깊이 연루되어 있음을 밝힌 바 있다(Bateson, 1979), 이러한 공진화 원리는 기업과 기업, 혹은 기업과 시장, 기업과 소비자 등 개체 수준을 넘어선 집단 범주들 간의 관계를 이해하는 데도 유용할 뿐 아니라, 非생명체를 다루는 기술 영역 등에도 널리 활용될 수 있다. 예컨대, 자동차 엔진의 진화는 타이어, 완충장치, 나아가 고속도로의 설계까지도 바꿀 수 있으며, 그들은 역으로 엔진의 발전에 영향을 끼칠 수 있다(Kauffman, 1993).

이렇듯, 경쟁상황 하에서 자신에게 최선의 선택이라고 생각되었던 것이 전체 체계에게 위해를 가함으로써 결과적으로 본인에게도 불이익을 초래하는 사례가 현실 사회에서 적지 않게 목도되는 만큼, 단지 순간적 쾌락이나 이익을 위한 것에 불과한 이기적 선택을 적자생존으로 미화시키는 행태는 공진화적 관점에서 재고될 필요가 있다고 본다.

Ⅲ. 복잡계 패러다임의 사회과학적 적용: 니클라스 루만의 체계 이론을 중심으로

1950-60년대 서구 사회과학계에 폭넓은 영향을 끼친 탈코트 파슨스의 구조기능론을 비판적으로 계승한 독일 사회학자 니클라스 루만은 복잡성이론(자동생산성이론)을 사회현상에 적용한 대표적 인물로 알려져 있다. 사회를 분화를 통해 체계의 복잡성이 확대되어가는 진화의 과정으로서 인식하고자 한 루만은 자신의 독창적인 신기능론을 통해 기존의 기능론적 발상들이 지닌 맹점을 지양한 보편적 이론체계를 구축하고, 그러한 이론들에 입각해 현대 사회의 구성적 성격을 규명하고자 했다(Turner, 1991).

1. 체계와 환경

루만은 “체계들이 존재한다”는 간결한 명제로부터 자신의 학문적 역정을 시작한다. 체계의 존재란 곧 자기준거적·자동생산적 체계의 존재를 뜻하는 것으로서, 여기서 자기준거적·자동생산적이라 함은 자신 고유의 관계들을 생산해 내고 이러한 관계들을 환경과 구분할 능력을 지닌, 다시 말해 환경의 초복합적 가능성들로부터 자신을 경계짓고 방어할 능력을 지닌 상태를 지칭한다.

루만은 체계와 환경의 구성적 관계를 설명하기 위한 매개개념으로 ‘복합성 낙차’(complexity fall)이라는 착상을 도입한다. 복합성 낙차는 환경이 항상 체계보다 복잡적이기 때문에 체계와 환경과의 관계는 언제나 비대칭적임을 의미하는 개념이다. 환경은 왜 체계보다 더 복잡적일까? 그것은 체계보다 환경 내에 보다 많은 다양한 체계들이 중첩되어 있기 때문이다. 즉, 환경복합성이 체계복합성보다 높은 이유는 환경 내에 보다 많이 체계들이 혼재하고 있다는 보편적 사실에 근거한다. 따라서 체계는 자신의 미약한 복합

성을 특유의 선택 기능을 통해 상쇄하고자 한다. 이러한 과업은 보다 잘 조직화된 선택을 통한 차단으로 가능하다. 바로 그러한 체계의 능력을 루만은 '자동생산'(autopoiesis)이라는 개념으로 정리하면서, 복잡한 현대 사회의 구성 및 작동 방식을 그에 의거해 파악함이 타당하다고 주장한다(Luhmann, 1995).

2. 사회체계의 세 가지 유형

루만은 인간행위가 체계로써 조직화되고 구조화된다는 점을 일반체계론적 시각에서 관조한 후, "모든 사회체계는 잠재적으로 무한한 복잡성을 지닌 다차원적 환경 속에서 생존하기 위해 복잡성을 감소시키는 메카니즘을 형성한다"고 주장한다. 더불어 환경의 복잡성을 감소시키는 메카니즘을 시간적 차원, 물질적 차원 및 상징적 차원으로 구분하면서, 그에 상응한 세 가지 유형의 사회체계(social system) - 상호작용체계, 조직체계 및 사회체계(societal system) - 를 제안한다(Luhmann, 1982).

상호작용체계는 사람들이 같은 상황에서 공존하며 서로를 인지할 때 형성되는 것으로서, 지각이라는 행위로써 설정된 경계는 사람들을 복잡다단한 외부세계와 구분하는 선별 기능을 담당한다. 상징작용체계는 면대면 의사소통에서 사용되는 언어를 통해 정교화하며, 그럼으로써 시간적·물질적·상징적 차원의 복잡성을 줄이고자 한다.

조직체계는 노동과 같이 특정 조건에 관련된 사람들의 행위를 조정하는 것을 말한다. 조직체계의 핵심적 기능은 조직 구성원의 동기, 성향 및 수행적 욕구를 적절히 조정해야 하는 데 있다. 이것은 개인의 도덕적 헌신이나 규범적 동의를 요구하지 않되 가입과 탈퇴의 규칙, 과업에 대한 명시, 분업의 창출, 상징적 규제의 부가 등을 통해 '인위적' 행위를 안정화시킨다.

사회체계는 상호작용체계와 조직체계를 포괄하는 것으로서, "상호 근접가능한 모든 의사소통의 체계"를 통칭한다. 사회체계는 환경으로부터의 복잡

성을 줄여가기 위해 화폐나 권력과 같은 고도로 일반화된 의사소통 수단에 의존하면서, 그것이 어디서 어떤 방식으로 상호작용체계 및 조직체계를 포괄하는가에 관한 보편적 한계를 설정한다. 지난날의 사회체계는 대체적으로 공동체나 국가와 같이 지정학적으로 한정되었으나 세계화가 촉진되고 있는 오늘날 그것은 단일 세계사회(one world society)로 확장되고 있다.

3. 의사소통

이처럼 루만의 체계이론에서는 사회체계의 제 유형, 체계와 환경과의 관계, 그리고 복잡성을 줄여나가기 위해 사용되는 일련의 메커니즘들이 명시되고 있는데, 모든 사회체계가 자체의 행동양식을 정렬시키는 과정은 기본적으로 행위자들 간의 의사소통에 의존하는 까닭에, 루만은 의사소통 개념을 자신의 이론 내에 산입한다. “사회체계들 내에서 생산되고 네트워크를 통해 재생산되는 최후의 요소는 행위(혹은 개인이나 역할)가 아니라 의사소통이다”라는 언명이 시사하는 바와 같이 루만은 의사소통에 최상의 역할을 부여한다(Luhmann, 1982).

루만은 의사소통을 정보를 전달하는 단순한 통보행위가 아닌 “독자적인 자동생산적 동작의 기본 형식”으로 규정한다. 나아가 그는 의사소통이 세 가지 형태의 기본 선택으로 이루어져 있다고 주장하는데, 그것은 (1) 가능성 목록으로부터의 선택을 의미하는 ‘정보’, (2) 정보 전달 행위를 선택한다는 의미로서의 ‘통지’, 그리고 (3) 어떤 연결선택이 기대되는지를 파악하는 의미에서의 ‘이해’이다(Luhmann, 1995).

루만은 “인간은 서로간의 ‘차이’를 확인하기 위해 의사소통할 수 있고, 그런 과정에서 서로 갈등할 수도 있다”고 말한다. 기존의 주류적 의사소통론, 예컨대 하버마스의 의사소통론이 기본적으로 ‘합의’를 지향하는 담화적 의사소통을 지향하는 것이라면, 루만의 그것은 환경과의 경계설정을 통해 체계 자체의 안정성을 도모하려는 ‘차이’의 확인절차임을 강하게 시사하는 것이라

고 할 수 있다. 특히 루만은 인간의 의사소통은 기본적으로 성찰적(reflective)인 바, 바로 이 성찰성이 자기조직화 과정에 목적성을 부여하는 자기주제화(self-thematization) 행위를 이끈다고 말한다(Luhmann, 1988).

4. 사회적 진화

루만 진화이론의 요체는 “분절적 분화로부터 계층적인 것을 거쳐 기능적인 것으로 이행하는 장기간에 걸친 사회분화 원리의 전환과정”에 있다. 가장 단순한 원시적 분화는 동일한 하위체계를 창출한다는 점에서 분절적 분화라고 할 수 있다. 반면 전근대적 단계에서는 계층적 분화형식이 지배적이었다. 그러나 근대 유럽에서 전개되기 시작한 기능적 분화형식의 진전은 위계적 형태의 통일성을 파괴하고 수평적·기능적 조직화를 야기하였다. 이러한 경향이 보다 강화되고 있는 현대사회는 자기기조절적·자기조직적 하위 체계들이 경제, 정치, 학문, 법 등의 다양한 영역에 자율적 형태로 공존하면서 기능적 코드를 통해 자신의 정체성을 보강한다(Luhmann, 1982).

이러한 진전은 지금까지 사회과학계에서 통용되어 왔던 보편적 가정, 즉 한 체계(예컨대 경제체계)의 다른 체계들에 대한 우월성을 강조하는 관점의 타당성을 약화시킨다. 대신 루만은 각 기능체계 고유의 가치를 인정하되 체계와 환경간의 관계성을 중시하면서 해당 기능을 파악하고자 하는데, 바로 이것이 현대사회의 전형적 체계 작동방식으로 상정되는 자동생산적 진화의 기본 조건이 된다(김종길, 1993).

이상과 같은 그의 사회진화론적 도식적으로 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 니클라스 루만의 사회진화의 3단계론

- (1) 변이: 역동적 환경 하에서 체계가 재편되어가는 과정
(환경에 대한 체계의 적응)
→ 분절적(segmentary) 분화: 균등적(equal), 균질적(identical) 하위체계로의 분할
- (2) 선택: 변이 과정에서 파생한 가변성이 체계에 흡수되는 과정
(체계간 경쟁각축)
→ 계층적(stratified) 분화: 균질적이되 불균등한 하위체계로 분할되어가는 과정
- (3) 안정화: 非균질적 분화로써 체계가 환경과 변별되는 정체성을 확보
(체계의 성찰)
→ 기능적(functional) 분화: 기능이 상이한 불균등한 하위체계들로의 분할

그런데 상기 세 가지 진화 유형은 서로 배척적이 아닌 포섭적 관계를 유지하는 것이 원칙이나, 진화가 진전될수록 고도의 자기조정 능력을 갖춘 자율적 체계들의 공존을 특징으로 하는 ‘중심없는 사회’가 등장하게 되며, 최종 단계에 이르면 모든 구성원들이 사회의 다양한 기능적 체계들에 중첩적으로 귀속될 수 있는 ‘포섭의 원리’가 풍미하게 된다는 것이 루만이 제시하는 사회진화론의 핵심이다(Luhmann, 1995).

5. 루만 이론의 사회과학적 의의

루만 이론구성의 기본 전략은 “사회적인 것” 모두에 해당하는 설명틀을 고안해 복잡한 현대사회를 포괄적으로 이해할 수 있는 보편적 사회이론을 구축하자는 것이었다고 말할 수 있다. 그러한 시도에 대해서는 1970년대 그와의 논쟁을 주도했던 하버마스를 위시한 여러 학자들이 비판을 제기한 바 있으나, 다양한 비판들 중 가장 핵심적인 것은 자신이 옹호해마지 않는 자

동생산성 체계의 역동성이 실제로 어떻게 작동하는지에 대한 구체적 설명이 결여되어 있다는 지적이라고 하겠다. 사실상 루만은 체계가 생성된 이후 상대적으로 안정된 '기능화'에 이르기까지의 역사적 전개에 대한 납득할 만한 사례를 경험적 증거와 더불어 충분히 개진하지 못하고 있다. "체계들이 존재한다"는 도발적 가정에서 출발했음에도 불구하고 그는 구조결정, 변동기제의 재구성 문제, 그리고 통제매개 변수의 진술이나 변동과정의 예측 문제들을 다분히 빗겨가고 있다.

하지만 루만은 기능주의 이론들 내에서의 '패러다임적 전환'을 통해 구조기능론에서 기능구조론을 거쳐 최종적으로는 자동생산성 이론으로 진전되는 사회이론을 발전시켰다. 추상적이기는 하나 일관성 있게 제안된 루만 이론의 기본 개념들은 사회적 실재에 대한 포괄적 이해의 방편으로 체계론적 사고를 연마하려는 학도들에게 색출적 연구 전범을 제공했음에 틀림없다. 즉, 현대사회의 기본적 특질을 기능적 분화 및 복합성으로 규정하고 그로부터 파생하는 모든 문제들을 일관된 이론적 구성틀로 규명하고자 한 그의 시도는 사회현실의 다양성과 차이성에 관심을 지닌 사회과학자들에게 유의미한 시사점을 제공했다고 본다(김종길, 1993).

IV. 결론: 복잡계 패러다임의 함의와 전망

19세기 말까지 과학자들은 자연현상이나 사회현상을 경험적으로 분석하는 과정에서 결정론적 모형(deterministic model)이나 확률론적 모형(stochastic model)에 크게 의존해 왔다. 이 두 가지 접근은 대상에 관한 인식이나 방법론적 전제에 있어 상이한 시각이 없지 않았으나, 선형적 논리에 입각해 현상을 바라보고자 했다는 점에서는 동일했다고 본다. 특히 근대과학의 백미로 평가되는 뉴턴의 일반역학체계는 문자 그대로 대단히 일반적이어서 선형

이나 비선형 현상 모두에 적용될 수 있었다.

물론 그런 과정에도 때때로 비선형 현상이나 비선형 방정식에 관한 견해들이 간헐적으로 제기되었으나 해법이 불가하다는 이유로 외면되어, 근자에 이르기까지 비선형 체계에 대한 연구는 과학계에서 회피되곤 했다. 따라서 비선형 방정식이 등장할 때마다 많은 과학자나 공학자들은 그것을 선형화(linearize), 보다 정확히는 선형근사(linear approximation)로 바꾸어 적용하고자 했다. 즉, 복잡한 현실을 복잡한 방식으로 설명하는 대신 전통적 방식으로 설명해버리고자 했다. 그 결과 대다수 학자들은 모든 현상이 선형적 도식으로 기술될 수 있다고 확신하게 되었으니, 19세기 이전 및 20세기 중반까지 인류사회는 선형적 세계관에 매몰되어 있었다고 해도 과언이 아니다.

하지만 현실에 관한 모형을 제시하는 것과 그에 관한 해법을 추가하는 것, 즉 “방정식을 새우는 것과 푸는 것은 전혀 별개의 일”임을 지적한 영국의 수학자 이안 스투어트는 “지난 반세기간 우리 인식세계에서 일어난 가장 중요한 변화는 “우리 현실이 무자비할 정도로 비선형적이라는 자각”이라고 천명한 바 있다(Stewart, 1989). 따라서 비선형적 가정 하에서 실체를 전체라는 보다 큰 맥락 속으로 통합시키면 부분과 전체의 관계가 역전되면서 데카르트가 구축하고 뉴턴이 완성한 기계론적 세계관이라는 지적 구조물의 토대가 와해된다.

실제로 지난 약 반세기간 날로 복잡다단해지는 현실을 다루기 위한 새로운 개념과 기법들이 등장하여 하나의 지적 흐름을 형성하기 시작했는데, 그것은 비선형 동역학, 복잡성이론, 복잡계이론, 자기조직화이론 자동생산성이론 등으로 불려왔다. 이 글에서는 그들을 복잡계 패러다임이라는 개념으로 일괄하여 그 전개과정, 특성 및 사회과학적 적용을 개괄적으로 살펴보고자 했다. 상식세계에서의 복잡성이란 많은 요소들이 난마같이 뒤얽혀 그 내용을 파악하기 힘든 혼돈스러운 국면을 지칭하는 말이나, 그것은 복잡성 패러다임에 의거한 일련의 지적 탐색에 의해 인지적 도전을 유발하는 질서와

혼돈 사이의 경계영역임이 점차 확연해지고 있다. 따라서 복잡성 패러다임은 우리의 사고 지평을 넓혀줄 수 있는 선도 학문으로 지난 세기에 이어 금세기에도 학계 안팎에서 크나큰 기대와 관심을 불러일으킬 것으로 예상된다.

복잡계 패러다임의 지적 파장은 다방면에서 확인가능하다. 첫째로는 어느 것도 다른 것에 비해 보다 근본적이거나 궁극적이지 않다는 상대주의적 사고의 확산을 들 수 있겠고, 둘째로는 확실성을 대신한 근사지식의 출현을 정당화하는 불확정성 논리의 대두를 꼽을 수 있다. 셋째로는 모든 구조가 체계 속에 내재하는 과정들의 표현이라는 과정론적 인식을 들 수 있으며, 넷째로는 자기강화적 피드백에 의한 선순환 및 악순환을 동시에 포괄하는 목적론적 사고를 꼽을 수 있다. 이러한 복잡계 패러다임을 통해서만 아담 스미스의 “보이지 않는 손,” 헤겔이나 마르크스의 변증법적 사고, 윌리엄 토마스의 “자아실현적 예지”(self-fulfilling prophecy), 나아가 최근 우리 사회에 널리 회자되고 있는 “선택과 집중” 등과 같은 모순적 명제나 효과가 새로운 시각에서 재해석될 여지가 많다고 본다.

참 고 문 헌

- 김종길 (1993) "니클라스 루만(N. Luhmann)의 일반 체계이론," 『한국사회학』 27.
- Arthur, W. (1994) *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, University of Michigan Press.
- Ashby, R. (1947) "Principles of the Self-Organizing Dynamic System," *Journal of General Psychology*, 37.
- Bateson, G. (1979) *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Dutton.
- Bertalanffy, L. (1968) *General System Theory*, Braziller. [현승일 옮김 (1990), 『일반체계이론』, 민음사.]
- Bourdouries, M. (2002), "Self-Organization, Systems Theory & Constructivism", <<http://platon.ee.duth.gr/2soeist7t>> → 현재는 폐쇄된 사이트.
- Buckley, W. (1967), *Sociology and Modern Systems Theory*, Prentice Hall.
- CALResCo (2003) "The Complexity & Artificial Life Research Concept for Self-Organizing Systems", <<http://www.calresco.org>> .
- Capra, F. (1982), *The Turning Point*, Simon & Schuster. [이성범 · 구윤서 옮김 (1985), 『새로운 과학과 문명의 전환』, 범양사.]
- _____ (1996) *The Web of Life*, Brockman. [김용정 · 김동광 옮김 (1998), 『생명의 그물』, 범양사.]
- Eigen, M. (1971), "Molecular Self-Organization and the Early Stages of Evolution," *Quarterly Reviews of Biophysics* 4-2/3.
- Foerster, H. and Zopf, G. (eds) (1962), *Principles of Self-Organization*, Pergamon.
- Forrester, J. (1968), *Principles of Systems*, Cambridge.
- Gleick, J. (1987) *Chaos*, Penguin. [박배식 · 성하운 옮김 (1993), 『카오스: 현

대 과학의 대혁명』, 동문사]

- Kauffman, S. (1993), *The Origin of Order*, Oxford University Press.
- Lorenz, E. (1963), "Deterministic Nonperiodic Flow," *Journal of the Atmospheric Sciences* 20.
- Lovelock, J. (1979), *Gaia*, Oxford University Press.
- Luhmann, N. (1982), *The Differentiation of Society*, Columbia University Press.
- _____ (1986), "The Autopoiesis of Social Systems," in Geyer, F. and Zouwen, J. (eds), *Sociocybernetic Paradoxes*, Sage .
- _____ (1988), "Tautology and Paradox in the Self-Descriptions of Modern Society," *Sociological Theory* 6.
- _____ (1995), *Social Systems*, Stanford University Press.
- Mandelbrot, B. (1983), *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman.
- Maturana, H. (1988), "Ontology of Observing: The Biological Foundations of Self-Consciousness and the Physical Domain of Existence," <<http://www.inteco.cl/biology/ontology>>.
- Maturana, H. and Varela, F. (1980), *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, D. Reidel.
- McCulloch, W. and Pitts, W. (1943), "A Logical Calculus of the Ideas Imminent in Nervous Activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5.
- Prigogine, I. (1967), "Dissipative Structures in Chemical Systems," in Claesson, S.(ed) *Fast Reactions and Primary Process in Chemical Kinetics*, Interscience.
- _____ (1980), *From Being to Becoming*, Freeman. [이철수 옮김 (1988), 『있음에서 됨으로: 시간의 의미와 물리과학』, 민음사]
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984), *Order out of Chaos*, Bantam. [신국조

윤킴 (1993), 『혼돈으로부터의 질서』, 고려원미디어]

Scott, R. (1998), *Organizations: Rational, Natural and Open Systems*, 4th. ed.,
Prentice Hall.

Stewart, I. (1989), *Does God Play Dice?* Blackwell.

Turner, J. (1991), *The Structure of Sociological Theory*, 5th. Ed., Wadworth.

□ ENGLISH ABSTRACT □

Nature and Prospect of Complexity Paradigm

Kim, Mun-Cho

ABSTRACT

Complexity paradigm is a scientific amalgam that aims to unite a range of theoretical perspectives and research agendas across natural and social sciences. Proponents of complexity paradigm lay claims to an increasing number of areas of study, including artificial life, interpersonal networks, internal/international patterning of organizations, mapping of cyberspace, etc. All of those can be subsumed under the title, "complexity turn."

Owing to the idea of open system, complexity paradigm has developed a number of new concepts/themes/perspectives that help to account for the complex mechanism of living and non-living creatures. A complex system comprises a number of properties such as disequilibrium, nonlinearity, dissipative structure, self-organization, fractal geometry, autopoiesis, coevolution. Following a brief introduction to theoretical development, those properties are succinctly discussed.

The complexity turn has provided a wealth of insights that enable to analyze system operations of any kind. It contributes a lot to

illuminating the working of social system as well. The most remarkable attempt may be Niklas Luhmann's 'neofunctional system theory.' Merits and shortcomings of complexity paradigm were examined and its future prospect were assessed with the conclusion that complexity paradigm would continue to be useful both as effective transdisciplinary framework and powerful analytical tool.

Key Terms:

complexity, N. Luhmann, autopoiesis, system theory, system dynamics