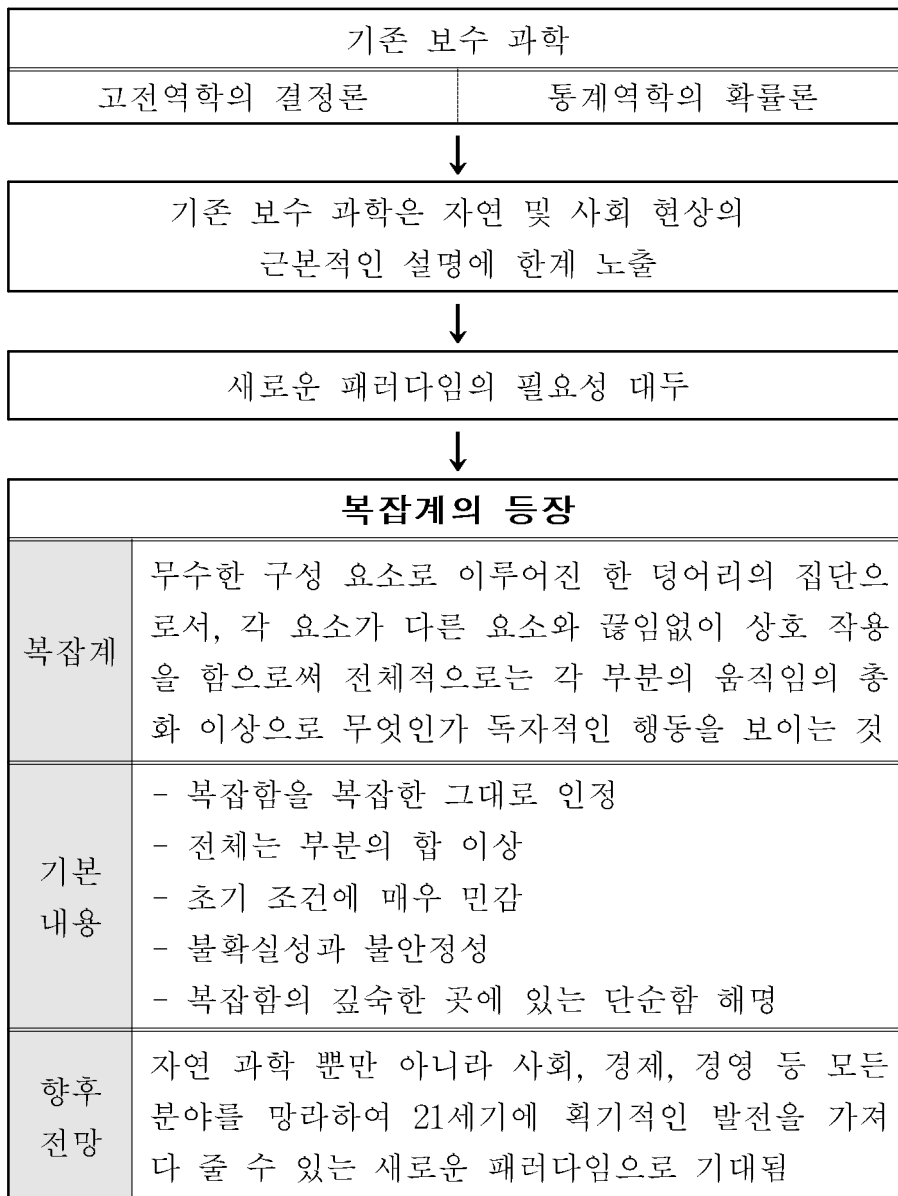


V. 複雜系란 무엇인가(‘複雜系’とは何か)

요시나가 요시마사著, 1996

1. 論理의 흐름



2. 本書의 主要 內容

○ 複雜系에 대한 理解

우리 주변에는 기존의 과학으로 설명할 수 없는 현상들이 수없이 널려 있다. 현재 우리가 가진 지식으로는 왜 그런지, 그것이 무엇인지 알 수 없는 현상들이다. 우리는 그러한 것들을 미스터리라고 부르기도 한다. 때로는 초자연적인 것으로 치부하여 인간의 힘으로는 도저히 알 수 없는 신만이 알 수 있는 것이라고 하기도 한다. 이는 생명, 진화, 우주 등 자연 현상에만 국한된 것이 아니다. 우리가 살고 있는 주변 사회, 경제, 일상 생활 등 모든 곳에 이러한 미스터리가 존재하고 있다.

복잡계는 현재로서는 알 수 없는 복잡한 현상들을 규명하기 위해 생겨난 것이다. 또한 고전역학의 결정론과 통계역학의 확률론이라는 기존 보수 과학의 접근 방법이 이미 자연 및 사회 현상을 근본적으로 설명하는 데 한계를 노출하고 있기 때문에, 이에 대한 대응책으로 생겨난 것이기도 하다. 복잡계의 정의에 대해서는 여러 가지로 설명되고 있으나, 여기서는 복잡계를 ‘무수한 구성 요소로 이루어진 한 덩어리의 집단으로서, 각 요소가 다른 요소와 끊임없이 상호 작용을 함으로써 전체적으로는 각 부분의 움직임의 총화 이상으로 무엇인가 독자적인 행동을 보이는 것’이라고 이해하기로 하자.

복잡계의 영역은 매우 다양하다. 생물의 진화와 뇌의 움직임 등 생명 현상은 물론이고 기상이나 별의 탄생 등 자연 과학이 포함된다. 여기에 사회, 경제 현상 등 사회 과학 분야도 포함된다. 즉, 우리 주위의 모든 것이 복잡계의 연구 대상이 된다.

그럼 간단히 복잡계의 실례를 들어보자. 담배 연기는 무풍 상태일 경우 마치 보이지 않는 굴뚝 속을 지나는 것처럼 곧바로 올라간다. 그러나 실제로는 좌우로 흔들리면서 기하학적인 곡면을 그리면서 올라간다. 이와 같은 담배 연기의 변화는 지금까지의 물리학으로는 기술할 수 없다. 어떤 곡면이 출현하고

어떻게 변화해갈지를 예측할 수 없다. 연기의 미립자와 공기 분자와의 끊임없는 상호 작용이 복잡한 동작을 낳기 때문이다. 떨어지는 낙엽의 궤적도 마찬가지다.

현재 복잡계에 대한 연구는 미국과 일본 등 선진국에서 활발히 진행되고 있다. 미국에서는 복잡계 연구의 본산이라 할 수 있는 산타페연구소를 중심으로 많은 학자들이 연구에 몰두하고 있다. 특히 각종 경제 현상의 예측에 복잡계를 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 일본에서는 게이오대 교수들이 복잡계 연구회를 설립하여 연구를 하고 있으며, 정부와 기업의 공동 연구기관인 ATR(인간정보통신연구소)도 이 분야에 대한 전문연구팀을 만들었다. 지난 3월에는 진화경제학회가 발족되어 경제학과 복잡계의 융합을 모색하고 있다. 이러한 연구회를 통해 경제 현상 뿐만 아니라 기업 경영에 복잡계를 접목시키려는 시도가 이루어지고 있다. 그러나 아직 국내에서는 이렇다할 연구가 진행되고 있는 경우가 없으며, 학자도 없는 실정이다.

○ 複雜系의 基本 內容

복잡계는 기존 과학에서 사물을 보는 관점이나 문제의 해결을 위한 방법론과는 전혀 다른 조건을 전제로 한다. 이를 살펴보면 다음과 같다.

▶ 복잡함을 복잡한 그대로 인정한다

다시 말해 복잡한 현상에 어떠한 통제나 제한도 가하지 않는다는 것이다. 기존의 보수 과학은 어떠한가? 기존의 과학은 단순계를 가정하고 있다. 한 가지 사실을 해명하기 위해 결정적인 변수 이외에 별로 중요하지 않다고 생각되는 변수는 대부분 제거해 버린다. 또한 중요 변수 이외의 나머지는 정적인 것으로 고정시켜 버리기도 한다. 즉, 있는 그대로가 아닌 형편에 맞게 통제되고 조정된 인공적인 상황 아래에서 문제 해결을 위한 노력을 해 왔다.

그러나 복잡계는 인공적인 조건하에서의 실험이나 문제 해결은 현상을 그대로 바라보는 것이 아니기 때문에, 우리에게 정답을 주지 못한다는 사

실을 지적한다. 복잡계에서는 복잡계를 구성하는 모든 구성 요소들의 상호 작용에 의해 상위 구조가 형성된다고 믿고 있기 때문에 모든 변수를 고려하고자 한다. 그럼으로써 기존의 방법론으로는 풀지 못했던 문제들, 예외적인 것이라고 여겨지던 문제들에 대한 해답을 찾고자 한다.

▶ 전체는 부분의 합(합) 이상이다

복잡계는 ‘전체는 부분의 합이다’라는 슬로건으로 상징되는 요소 환원론적인 사고에 대한 철저한 반성에서 출발한다. 요소 환원론적 사고에서는 모든 것은 작은 단위로 나뉘어질 수 있으며, 이 작은 단위들을 분석한 후 단순히 합하기만 하면 전체를 볼 수 있다고 생각한다. 이는 현재 우리가 사용하고 있는 모든 방법론에 광범위하게 적용되고 있다. 자연 과학이든 경제, 경영이든간에 하나의 사실에 영향을 미치는 요소들을 분리해, 각 요소들을 분석·정리한 후 이를 종합하여 결과를 제시한다.

그러나 복잡계에서는 ‘전체는 부분의 합 이상이다’라고 전제한다. 기본적으로 어느 현상이든 인간을 포함한 다양한 요소의 복잡한 상호 작용에 의해서 결과가 나타난다고 보기 때문이다. 따라서 복잡계에서는 ‘통합’의 개념을 적용한다. 각 요소들을 나누지 않고 전체를 보고, 전체의 모습에서 결론을 끌어낸다. 생물학에서 말하는 홀리즘(holism: 전체주의)에서는 요소가 아니고 전체가 의미를 지니는 것과 마찬가지로.

▶ 초기 조건에 매우 민감하다

초기값이 조금만 바뀌어도 엄청나게 다른 결과를 초래할 수 있다. 이는 복잡계가 카오스 이론을 기초로 하고 있다는 것을 보여주기도 한다. 여기에는 재미있는 일화가 있다. 1961년 미국의 로렌츠라는 기상학자는 대기의 대역적 변동을 시뮬레이션하다가 전혀 뜻밖의 결과를 얻게 된다. 그 원인은 단순한 입력 미스에 기인한 것이었다. 계산 결과를 소수점 세 자리까지만 표시하도록 해 놓았기 때문에, 그는 0.506127을 입력해야 하는데도 0.506만 입력했던 것이다. 대개 초기 조건의 근소한 차이는 거기에 비례하는 정도의 근소한 변동밖에 일으키지 않는다는 것이 상식이었다. 그런데 결과는 매우 달라져 있었다. 이것이 바로 ‘초기 조건에 대한 예민

한 의존성'을 발견하게 된 계기다. 이 특성은 '베이징에서 오늘 나비의 날개를 움직여 공기를 산들산들 움직이게 하면, 다음날 뉴욕에서 폭풍우가 일어날 수 있다'는 비유에서 '버터플라이 효과'라고도 불린다.

▶ 불확실성, 불안정성을 기본으로 한다

기존 과학은 결정론적 사고에 의해 지배받아 왔다. 즉, 우리가 접하고 있는 모든 시스템은 질서를 가지고 있기 때문에, 항상 안정적이며 예측 가능하다고 전제해 왔다. 균형의 원리에 의해 경제적인 현상들을 규명하려고 하고, 최적화를 가정한 것도 이러한 사고에 연유한다. 그러나 복잡계에서는 이러한 안정성과 확실성을 부정한다. 시스템을 형성하는 구성 요소들의 상호 작용으로 변화를 가져와 항상 새롭게 변모하고 진화하려는 경향이 있으며, 조그마한 변화에도 민감하게 반응하기 때문에 예측할 수 없다는 것이다.

▶ 복잡함의 깊숙한 곳에 있는 단순함을 해명해보려고 한다

복잡계는 복잡함 속에도 이를 규정하는 통일된 규칙이 있다고 믿고 있다. 즉, 복잡하게 보이는 현상에도 그 복잡함을 만드는 일련의 단순함이 내재되어 있다는 것이다. 예를 들어보자. 레이놀즈는 동물의 집단 행동을 애니메이션으로 표현하기 위해 새 떼의 움직임을 관찰했다. 처음에는 한 마리 한 마리의 움직임을 컴퓨터로 재현해서 자연스런 무리의 움직임을 나타내는 것이 불가능한 것으로 여겨졌다. 그러다가 그는 새 한 마리 한 마리의 행동은 분산적이어서, 가까이 있는 새의 행동 이외에는 반응하지 않는다는 것을 알았다. 그래서 그는 간단한 규칙을 부여하기로 했다. 새들은 많은 쪽으로 날아가려고 하며, 가까이 있는 새들과 나는 속도와 방향을 맞추려고 한다. 그리고 가까이 있는 새나 물체에 너무 접근하면 부딪치지 않도록 멀어지려고 한다. 이와 같은 새들과의 상호 관계를 규정 짓는 규칙을 부여한 결과 새떼는 놀랄만큼 자연스런 움직임을 보였다. 이 기법은 더욱 개량되어 애니메이션이나 영화의 실사, 그리고 컴퓨터 그래픽과 영상 합성에도 응용되고 있다.

3. 複雜系의 適用 例 : 收穫遞增의 經營

여기서는 복잡계를 적용한 예로서, 수확체증의 원칙에 대해 살펴보고자 한다. 지금까지는 수확체감의 원리가 일반적인 경제 원리로 인정되어 왔다. 그러나 산타페연구소의 브라이언 아더 교수는 수확체증의 원칙을 주장한다. 수확체증이란 한 번 앞서면 더욱 더 앞서 나가게 되고, 일단 시장에서 우위를 잃으면 더욱 더 악화되는 경향을 의미한다. 수확체감의 원리는 생산량이 늘어날수록 수익은 점차 감소한다는 부정적 피드백(negative feedback)을 가정하고 있지만, 수확체증의 원리는 그 반대로 긍정적 피드백(positive feedback)을 가정한다.

기존의 경제학에서는 안정적인 시장과 합리적인 선택을 하는 소비자, 균형의 원리를 전제로 하고 있었다. 이러한 원칙들, 특히 수확체감의 원칙은 대량생산의 세계에서는 어느 정도 적합한 것이었다. 그러나 정보와 기술이 중요한 하이테크 산업은 오히려 끊임없이 변화하는 시장, 소비자의 한정합리성, 수확체증의 원칙이 더욱 잘 들어맞는 세계이다. 그 이유는 높은 초기 비용과 네트워크 효과, 소비자의 타성으로 설명할 수 있다.

수확체감의 세계가 질서, 계획, 통제, 예측가능성, 최적화로 특징지어진다면, 수확체증의 세계는 시장의 불안정성(시장은 앞서 나가는 제품에 유리한 쪽으로 기운다), 여러 가지 결과의 잠재성(역사상의 사건이 달라지면, 다른 운영체계가 이길 수 있는 가능성이 얼마든지 있다), 예측 불가능성, 시장의 고착능력, 열등한 제품의 시장 지배 가능성 등으로 특징지어진다.

수확체증이 적용되는 하이테크 산업에서 전략적으로 중요한 것은 우선 사용자 기반을 확대하는 것이다. 또한 기술적으로 우세한 제품과 더불어 이를 보조하고 그 효용 가치를 높여주는 제품들의 소그룹(소생태계)과의 상호관련성을 높이는 것이다. 예를 들면, WWW, 레이저프린터 등이 있다. 1980년대 중반 노벨은 네트웨어(netware)를 개발했다. 노벨은 이 제품이 기술적으로 우월하다는 것을 확신했으며, 네트웨어를 할인 판매했다. 여기에 소프트웨어 응용 프

로그래미 필요하다는 인식하에 소프트웨어 개발업자들에게 인센티브를 제공함으로써, 필요한 소프트웨어를 확보했다.

또 다른 중요한 전략은 연계와 지렛대 방법이다. 이는 생태계의 한쪽 점에 구축된 사용자 기반을 인근의 점으로 이전시키는 방법이다. 마이크로소프트는 자신의 6,000만 DOS 사용자들을 Windows로, 다시 Windows95로, 그리고 저렴한 개량 제품과 응용 프로그램 묶음을 제공함으로써 마이크로소프트 네트워크 위까지 끌어올렸다.

하이테크 산업의 전략에 있어 심리적 요인도 중요하다. 수익체증하에서는 시장이 어떤 기업에 의해 고착될 것이라는 믿음을 경쟁사들이 갖게 만들어, 이들을 위축시킨다. 이러한 예로 제품의 사전적 발표, 위협, 기술적 허세, 미래의 동업관계 권유, 아직 출품 안 된 제품의 과시와 같은 형태의 심리적 기만 전술이 있다.

수확체증의 세계에서 관리자들은 경제가 동물적인 물질의 힘에서 정신의 힘으로, 자원 위주의 대량가공에서 정보 위주의 디자인과 재생산으로 꾸준히 변천해 갈 때, 수확체감의 세계에서 수확체증의 세계로 이행된다는 것을 인식해야 한다. 그리고 현재 경쟁하는 시장 생태계에서 어떠한 긍정적, 부정적 피드백이 작용하고 있는지 이해할 필요가 있다.

4. 示唆點

○ 複雜系에 대한 批判

현재 이루어지고 있는 복잡계 연구에 대한 비판도 만만치 않다. 아직까진 나름대로의 정립된 이론적 체계도 없고 독자적인 방법론도 갖추지 못하고 있으며, 이렇다할 성과도 거두지 못하고 있는 형편이다. 또한 복잡함 속에서 규칙을 발견한다는 것은 허황된 기대에 지나지 않으며, 단지 사람들의 관심을

끌기 위한 도구의 일환이라는 비판이 그것이다.

그러나 이는 다른 측면에서 생각해 볼 수도 있다. 복잡계는 결정론적 과학과 확률론적 과학이라는 보수 과학의 2대 주류에 대한 반발이다. 이런 측면에서 기존 과학계에서는 복잡계를 이단으로 취급하고 비판하는 경우가 있는 것이다. 또한 이와 같은 비판이 있다고 해서, 우리가 복잡계라는 것을 무시한 채 지나칠 수는 없으며, 지금 시점에서 복잡계에 대해 획기적인 성과를 기대하는 성급한 판단은 금물이다.

○ 패러다임의 轉換

우리에게 보다 중요한 것은 복잡계가 우리에게 획기적인 패러다임의 전환에 대한 기회를 제공하고 있다는 점이다. 앞서서도 언급했지만 복잡계는 요소 환원론에 대한 반성에서 시작한다. 요소 환원론이란 기존 보수 과학의 기본 사상을 이루어 온 것이기도 하지만, 각종 경제 현상이나 경영에 관련된 문제를 분석하고 해법을 제시하는 데에도 기본을 이루는 사고의 틀이었다.

경제 전망이나 주가 동향 등을 분석하는 데 갖가지 데이터를 사용해 분석해보지만, 여전히 정확한 예측에는 한계가 있다. 기업이 전략을 수립하는 데에도 거시환경분석과 미시환경분석을 한 후, 경쟁사, 고객, 공급자 등에 대한 분석을 한다. 그런 다음 이들 결과를 토대로 전체 결론을 이끌어 낸다.

만약 우리가 복잡계에서 주장하는 전체주의를 이러한 예측과 분석에 사용하면 어떤 결과가 나타날 것인가? 아직까지 이에 대한 연구가 구체적으로 진행된 것은 없는 것으로 보이지만, 이러한 사고가 우리에게 기존의 패러다임을 획기적으로 바꿀 수 있는 계기를 제공하는 것임에 틀림없다.

그 동안 많은 기업들은 성과를 높이고 새로운 성장의 활로를 모색하기 위해 장기 경영 전략의 수립, 프로세스 리엔지니어링, 사업 구조 재구축, 벤치마킹, 다운사이징 등 다양한 방안을 모색해 왔다. 그러나 이러한 것들이 과연 얼마

나 긍정적인 결과를 가져왔으며, 과연 이러한 것들이 궁극적인 해결책이 될 수 있는지에 대해서는 다시 한 번 생각해 보아야 한다.

복잡계는 경영 환경, 기업 조직과 조직 구성원의 문제, 마케팅, 생산 등 경영과 관련된 모든 문제에 대한 새로운 해결책을 찾아내는 촉진제가 될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 우리는 이를 단순히 새로운 것에 대한 막연한 기대에 머물게 할 것이 아니라, 새로운 것을 현실에 접목해 보려는 무단한 노력을 함께 해야 할 것이다.

(정기봉 : kbj@cosmo.co.kr)