

What is Complex System?

(복잡계란?)



김은주

1st / 2nd March 2015

Table of Contents

I . What is Complex System?

- 1. Why dynamics become complex?**
- 2. Various definitions of complex system**
- 3. Characteristics of complex system**

II. Background of Complex System

1. Redectionism (환원주의)
2. Holism (전체주의)
3. System theory (시스템적 패러다임)
4. Complex system (복잡계)

III. Traditional Science VS. Complex System

1. 현상(Event)을 발생하게 하는(또는 설명하기 위한) 변수의 종류와 수가 많기 때문 – 고려해야 할 변수가 많다.
 2. 현상에 관여하는 변수들을 또는 변수들간 법칙을 잘 알지 못하기 때문 – 미시차원의 변수들간 상호영향력을 알 수 없다.
 3. 현상에 관여하는 변수들이 서로 다양한 영향을 주고받으며 적응해나가기 때문 – 변수들은 고정적이지 않다.
-

복잡계(complex system)란?

‘많은 구성요소들의 상호작용을 통해 구성요소 하나하나의 특성과는 사뭇 다른 새로운 현상과 질서가 나타나는 시스템’



Brian Arthur

Santa Fe Institute,
Economist

“복잡계”란 우수한 요소가 상호 간섭해서 어떤 패턴을 형성하거나, 예상외의 성질을 나타내거나, 각 패턴이 각 요소 자체에 **되먹임(feedback loop)** 되는 시스템이다. 복잡계는 시간의 흐름에 따라 끊임없이 진화하고 펼쳐지는 과정에 있는 시스템이다.



Herbert. A. Simon

Nobel Memorial Prize in
Economic Sciences (1978)

“복잡계”란 많은 구성요소들이 그들 사이에 비교적 많은 연관 관계를 가져서 각 구성요소의 행동이 다른 요소들의 행동에 좌우되는 시스템이다



Murray Gell Mann

Nobel Memorial Prize in Physics (1969)

“복잡계”는 그 특징이 구성요소들을 이해하는 것만으로는 완벽하게 설명되지 않는 시스템이다. 복잡계는 **상호작용**을 하며 얽혀 있는 많은 부분, 개체, 행위자들로 구성되어 있다.



Jerome L. Singer

Professor of psychology at Yale University

“복잡계”란 상호작용하는 수많은 행위자를 가지고 있어 그들의 행동을 종합적으로 이해해야만 하는 시스템이다. 이러한 종합적인 행동은 **비선형적**이어서 개별요소들의 행동을 단순히 합해서는 유도해낼 수도 없다.



Rustem. F. Ismagilov

Professor of chemistry at Harvard University

“복잡계”는 그 변화가 초기 조건이나 작은 요동에 매우 민감하거나, 독립적으로 상호작용하는 아주 많은 구성요소를 지니고 있거나, **다양한 진화 경로의** 가능성을 갖고 있는 시스템이다.

1. 상호작용하는 **많은 구성요소**를 가지고 있다.
 2. 구성요소들의 상호작용은 **비선형적(nonlinear)**이다.
 3. 구성요소들의 상호작용은 흔히 **되먹임 고리(feedback loop)**를 형성한다.
 4. **열린 시스템(open system)**이며 그 경계가 불분명하다.
 5. 구성요소는 또 다른 복잡계이며 종종 끊임없이 적응해나간다(**진화한다**).
-

Emergence (창발)

- 수많은 구성요소들로 이루어져 있으며, 이들 구성요소들은 독립적으로 존재하지 않고 다양한 상호작용을 주고 받음.
 - 이 결과 구성요소를 따로따로 놓고 봤을 때의 특성과는 사뭇 다른 거시적인 새로운 현상과 질서가 나타남.
 - 이 새로운 질서의 출현을 '**창발(Emergence)**'이라고 하며, 이로 인해 나타나는 질서적인 현상을 '**창발현상(emergent behavior)**'이라고 정의 한다.
-

1. 다양한 구성요소
 2. 자기조직화(Self-organization)
 3. 창발(Emergence)
 4. 계층구조
 5. 임계현상
 6. 되먹임 고리(Feedback Loop)
 7. 비선형(Nonlinear)
 8. 열린 시스템(Open System)
 9. 혼돈(Chaos)
 10. 진화
 11. 통제구조
 12. 자기유사성
 13. 축척(Scale)
-

I . What is complex system?

복잡계(complex system)란?

'많은 구성요소들의 상호작용을 통해 구성요소 하나하나의 특성과는 사뭇 다른 새로운 현상과 질서가 나타나는 시스템'

Table of Contents

I . What is Complex System?

1. Why dynamics become complex?
2. Various definitions of complex system
3. Characteristics of complex system

II. Background of Complex System

1. Redectionism (환원주의)
2. Holism (전체주의)
3. System theory (시스템적 패러다임)
4. Complex system (복잡계)

III. Traditional Science VS. Complex System



II . Background of Complex System

Reductionism(환원주의) 과학 방법론



Holism(전체주의) 과학 방법론



시스템적 패러다임(system Theory)



Complex system(복잡계)

환원주의(Reductionism)란?

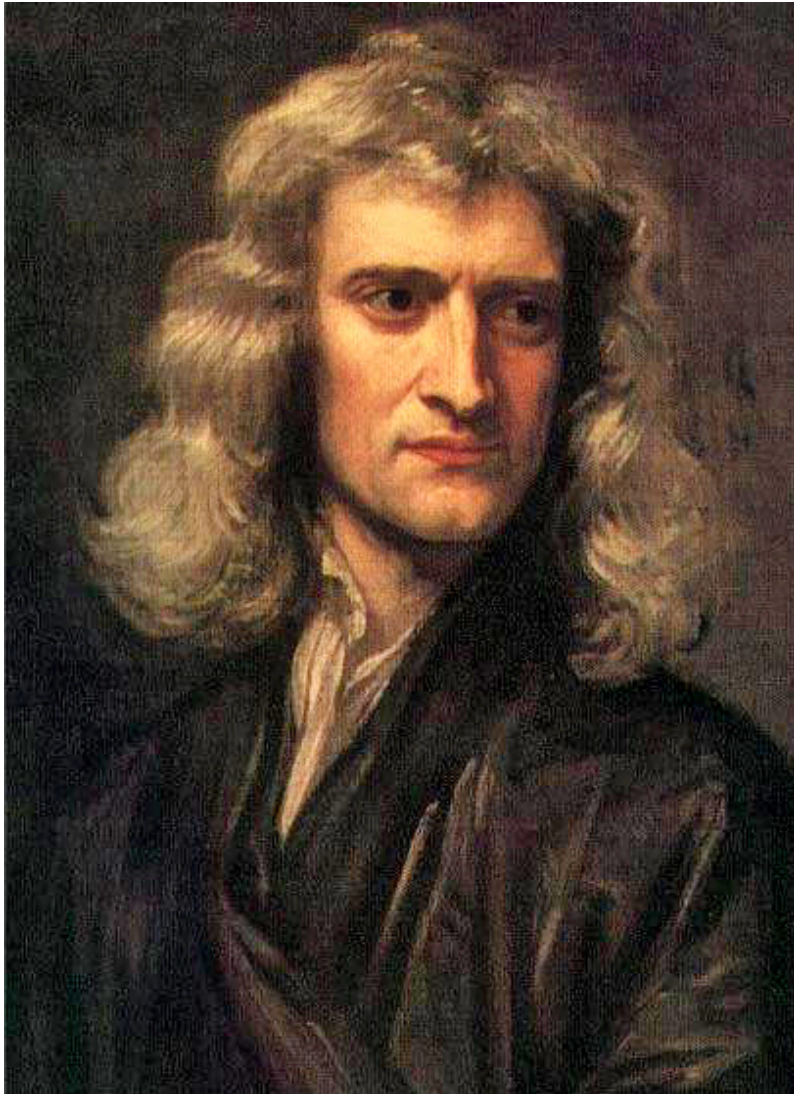
- 환원: '원래의 상태로 돌아간다'
 - 부분, 부분을 이해하여 조합하면 전체를 이해할 수 있다는 가정을 전제로 한 방법론
 - 자연을 이해하기 위해서 그것의 구성성분을 해독하고자 함
 - 전체는 언제나 부분의 합과 같다고 인식
 - 20세기 과학 연구의 원동력
-



▶ William of Ockham(c. 1287-1347)
14세기 영국의 스콜라 철학자, 논리학자,
프란체스코 수도회의 수사

▶ **Ockham's Razor ("면도날의 법칙")**
: 어떠한 현상에 대한 설명은 설명적인
가설이나 원리에 대한 관찰 가능한
예측들 중 차이점이 없는 것을 제거함
으로써 최소한의 가정을 해야 됨.

▶ **"단순한 것이 아름다운 것"**



▶ 기본 개념:

세상 만물에 발생하는 사건은 이전의 사건이 원인이 되어 그 결과로서 이루어 짐

▶ Issac Newton(뉴턴)의 Principia(프린키피아): 만유인력의 법칙 및 세 가지 운동 법칙, 미분의 개념

- 자연현상이 수학이라는 도구의 의해 성공적으로 설명
- 이전의 과학이 경험법칙에 의한 기술이었다면 뉴턴 이후를 질서의 탐구에 근거한 예측, 즉 인과적 결정론



▶ R. Descartes(데카르트)의 인체의 기술 (the description of the human body):

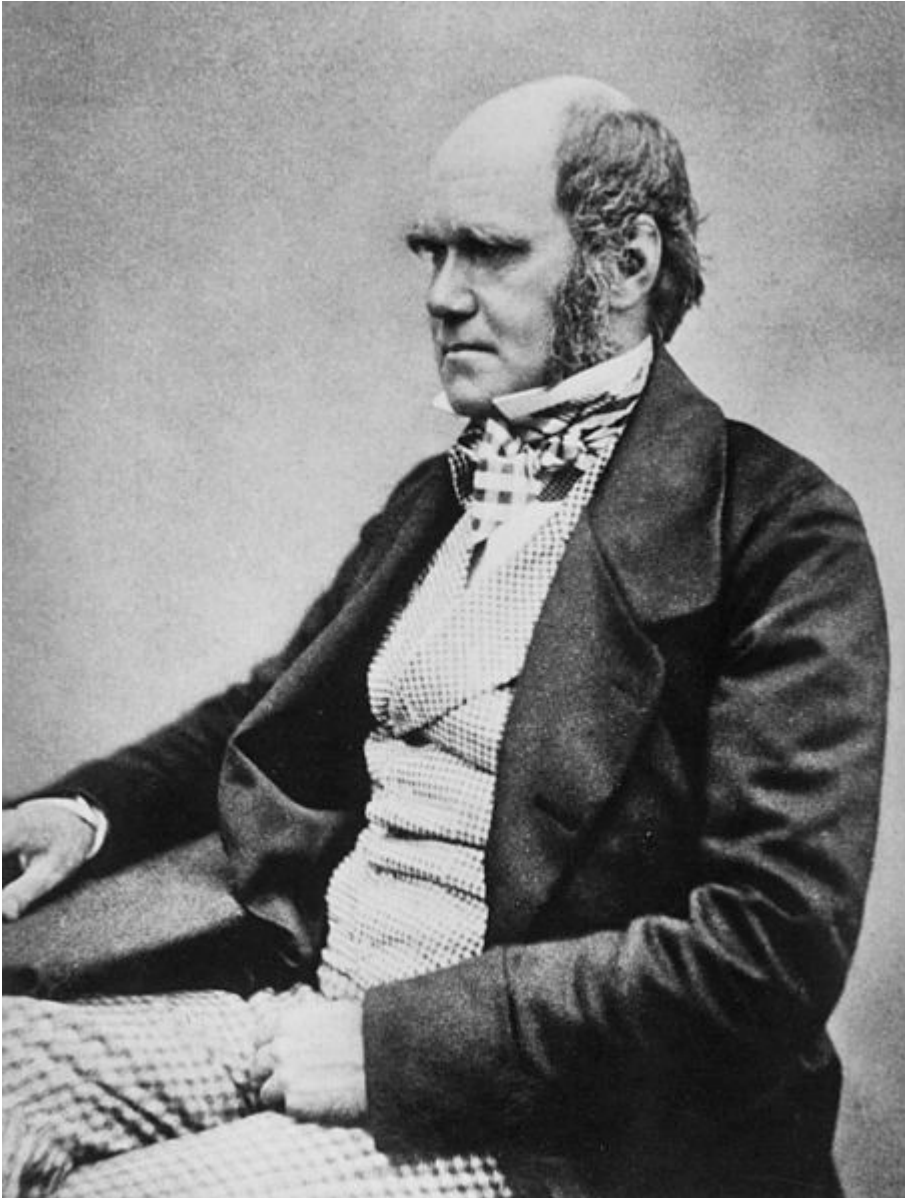
- 인체를 기계에 비유한 주장으로 보다 작은 요소들로 분해하여 그 각각의 기능을 탐구해야 함
- 주장의 대부분 내용은 공허하고 비과학적. 하지만 핏줄에 대한 시각만큼은 비교적 정확.
- 이후 하비(William Harvey: 1578-1657)의 혈액순환론으로 연결되고, 이 이론은 오늘날까지도 의학의 기본 개념으로 수용

전체주의(holism)란?

- 자연과 사회를 있는 그대로 전체로서 인식하는 방법론
 - 전체는 부분의 합 보다 크다고 인식
 - 전체는 부분들에 대한 분석을 통해 발견 할 수 없는 특성 포함(전체는 개별의 합을 넘어 무언가 $+\alpha$ 가 있다.)
 - 전체를 통찰하라. 대상을 분할하면 상실되는 부분이 있다.
즉, 전체에는 그 구성요소인 부분에서 볼 수 없는 새로운 성질이 있기 때문에 전체성에 주목해야 한다.
-

Entropy란?

- 자연물질이 변형되어, 다시 원래의 상태로 환원될 수 없게 되는 현상
- 즉, 에너지의 사용으로 결국 사용가능 한 에너지가 손실되는 결과를 가져옴
- 전환된 열에너지는 어디에도 쓰일 수 없는 에너지의 쓰레기가 되어버림, 일반적 의미로 엔트로피는 어떤 시스템의 무질서의 정도를 의미



▶ “적자생존”

- 주어진 환경에 잘 적응한 개체들만이 자연선택 (natural selection)에 의해 살아남아 후손을 번성시킨다

II . Background of Complex System - James E. Lovelock(Gaia(가이아) 이론)



▶ 가이아 이론

- 지구의 모든 생명체가 살아가는 생활권이 마치 하나의 유기체처럼 작동하며 지구 환경을 변화시켜 생물이 살기에 적합한 환경을 유지해 간다.

▶ 이론의 핵심

- 되먹임고리(feedback loop)



▶ 시스템이론이란?

- 세계를 모든 현상의 상호 연관성과 상호 의존성에 의해 파악 하는 것
- 이 기본 구조에서는 그 특성이 그것을 형성하고 있는 부분으로 환원될 수 없는 통합된 전체를 시스템이라고 함
- 살아있는 조직체, 사회 및 생태계를 모두 시스템임

Table of Contents

I . What is Complex System?

1. Why dynamics become complex?
2. Various definitions of complex system
3. Characteristics of complex system

II. Background of Complex System

1. Redectionism (환원주의)
2. Holism (전체주의)
3. System theory (시스템적 패러다임)
4. Complex system (복잡계)

III. Traditional Science VS. Complex System

III . Traditional Science VS. Complex System

Isaac Newton's 결정론적 paradigm

- 작은 입력으로 균등하게 작은 효과를 거둘 수 있는 선형 관계
- 인과 관계
- 안정, 질서, 평형 등을 강조

VS

복잡계 paradigm

- 작은 입력으로 막대한 효과
- 비선형적
- 순환고리적 상호관계
- 시간의 흐름에 민감한 일시성

III. Traditional Science VS. Complex System

Traditional Science

- 평형, 균형 시스템
- 선형적 인간관계
- 부정피드백
- 패러독스 부정
- 예측 가능성
- 분석적 환원주의

VS

Complex System

- 비평형 시스템
- 비선형적 순환적
- 인간관계
- 긍정피드백
- 패러독스 인정
- 예측 불가능
- 통합적 전일주의