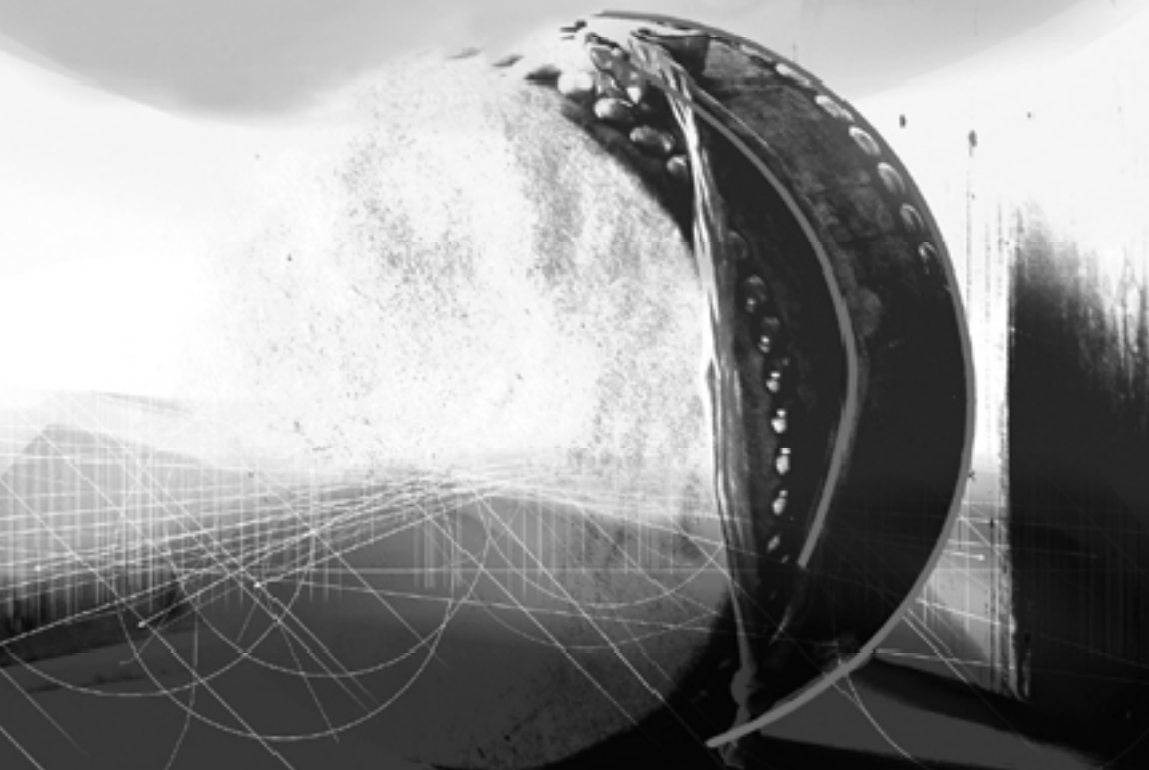


마음 다루기 Synchronicity

## 살아있는 우주 (3부)

| 데이비드 피트 | 이견우 '지금여기' 번역위원 옮김 |

우리는 보통 파동을 생겼다 사라지고, 충돌하지 않으며, 간섭에 의해 서로 섞이고 증폭되며, 다시 근원으로 돌아가는 일시적 현상이라 말합니다. 그러나 솔리톤(soliton)은 일정기간 존재하는 입자 같은 파동이며, 그것들끼리 충돌도 하고 독립개체처럼 행동합니다. 우리의 의식과 저 밖의 물질세계는 독립된 듯이 보이는 솔리톤 현상은 아닐까? 왜냐하면 결국 우리 모두 사라졌다 다시 탄생하는 일시적인 '현상'이기 때문입니다(편집자 주).



(지난 호에 이어서 3부)

## 비선형적인(Nonlinear) 세상

이 글에서 고려된 사례는 모두 부분으로 시스템을 설명하는 것과 전체 시스템으로 부분을 설명하는 이원론으로 전개하고 있다. 이러한 이중적 보완적 성격은 공학, 물리학, 화학, 생물학 그리고 경제학에서 절대적인 역할을 하는 수학의 선형, 비선형 미분방정식이라는 상대적 부분을 가지고 있다. 이러한 방정식은 생명체에서 비생명체의 행동까지 전 영역에 걸쳐있으며, 많은 다양한 행동 질서의 밑바닥에 깔려있는 추상적인 원리를 이해하는데 사용되고 있다.

선형 미분방정식과 그 방정식들이 묘사하는 시스템은 뉴턴이 계산법을 발명한 이후 연구되어 왔으며, 오늘날 잘 정의된 상태이고 이 방정식의 해(解)를 얻기 위해 상대적으로 간단하고 단순한 과정이 존재한다. 이러한 선형(線型)시스템은 행동 패턴을 예측할 수 있다. 이 방정식은 주로 더 간단한 부분으로 분류될 수 있는데, 수학자들은 하나의 해를 이해하기 위하여 다른 방정식으로 기술한다. 선형시스템은 점진적이고 완만하다. 이들의 부드럽고 규칙적인 움직임은 정상상태의 전기 회로, 느리게 반응하는 화학물질, 작은 진동들, 낮은 출력으로 동작하는 엔진들, 조용한 소리 그리고 저압상태의 구조물 등에 적용된다.

그러나 일단 시스템의 전력이나 변화가 급속히 증가하면, 이 시스템은 친숙한 선형적인 영역에서 벗어나 더 복잡한 비선형적(非線型的) 효과를 가지는 영역으로 들어가게 된다. 강물은 급류가 되고, 증폭기는 소리가 찌그러지고, 화학물은 폭발이, 기계는 조정 불가능한

진동들이 발생하고, 판은 휘어지며, 금속들에 금이 가고 구조물이 무너지게 된다. 그러나 어떤 경우 이러한 비선형적인 효과들은 파괴적이지 않으면서도 새로운 형태의 구조를 나타내는 귀한 행동 패턴을 지니게 될 수도 있다.

금속 막대에 추를 올려 눌러지게 하면 처음에는 선형적인 반응이 나타난다. 질량이 조금씩 더 추가될 때마다 이 금속막대는 작은 양만큼의 휘는 변화가 나타난다. 작은 질량의 추가가 작은 휘는 효과를 가져 온다. 그리고 이 휘어지는 그래프는 부드러운 변화로 예측 가능한 상태를 보여준다. 그러나 추의 질량이 증가하여 임계 지점에 도달하게 되면 휘는 속도는 갑자기 더 이상 추의 질량에 관련되지 않고 금속 막대는 변형되거나 파괴된다. 이러한 비선형적인 단계에서는 때때로 “낙타의 등을 부러뜨리는 지푸라기”처럼 작은 것이 극적인 변화를 초래하고 질량에 따른 휘어짐 그래프는 갑작스럽고 예기치 못한 불연속적인 특성을 가지게 된다.

자동차에서 악셀페달을 누르면 자동차의 속도는 점진적으로 증가한다. 처음에 이런 증가는 선형적인 영역에 포함되고 이 상태에서 모든 것은 규칙적이어서 결과가 예측가능하게 된다. 그러나 자동차가 어떤 극한의 출력단계에 도달하게 되면 비선형적인 효과가 중요하게 된다. 그 단계에서는 악셀페달에 작은 부가적인 압력만 주어도 자동차가 극단적으로 흔들리거나 엔진이 과열되어 멈출 수도 있는 것이다. 마찬가지로 스테레오 오디오 볼륨의 작은 증가는 스피커의 선형적인 반응을 가져오겠지만, 볼륨을 극단적으로 올리게 되면 전기 회로의 비선형적인 특성이 찌그러진 소리를 만들게 된다.

자연에는 이러한 비선형적인 예가 풍부하다. 사실 비선형성은 예외적이라기 보단 법칙임이 밝혀졌다. 세상은 수학적인 방정식에 의해

표현될 수 있는데, 그 방정식은 임계점을 보여주고 새로운 질서를 나타내준다. 그러나 항상 분석되거나 단순한 형태로 분해될 수 있는 것은 아니다. 그런데 왜 과학에서는 선형성과 예측가능함의 개념이 그렇게도 확고한 위치를 차지하게 되었는가? 그 대답은 간단하다. 고속의 컴퓨터가 나타나기 전에 그리고 새로운 수학적 기술이 개발되기 전에 비선형 미분방정식은 닫혀진 책과 같은 것이었다. 그러나 그의 사촌쯤 되는 선형미분 방정식은 직선적으로 해를 구할 수 있었다. 그것들은 단순한 물리법칙에 해당하였고, 복잡한 시스템을 단순한 형태의 상호 관련 요소들로 나눌 수 있었다. 이러한 이유 때문에 10년이나 혹은 그전까지 대부분의 과학자들은 시스템을 선형적인 부분에 집중하는 그리고 어느 정도 선형성에서 벗어나면 무시하는 경향을 가지고 있었다.

비행기를 지나는 공기의 흐름이나 혹은 좁은 관을 통하여 내려가는 물의 흐름을 연구하는 과정에서도 비선형적인 영역은 “난류”로 언급되며 몇 가지 특별한 경우만 상세히 취급하였다. 그러나 오늘날에는 발전된 컴퓨터 덕분에 다양한 형태의 난류 가상모의 시험이 가능해졌고 새로운 형태의 수학을 사용하여 방정식의 해를 구함에 있어서 다른 질서를 분류해낼 수 있게 되었다. 따라서 비선형세계의 풍부함이 발견된 것은 상대적으로 최근의 일이며 지금은 단지 수학적 탐구자에게만 개방되어 있는 셈이다.

그러나 선형성은 복잡한 시스템이 단순한 시스템으로 분석될 수 있다는 점에서 마음의 태도에 용기를 심어주고 있다. 이것은 선형 시스템이 상호 관련된 요소들에 대응하는 결합된 선형미분 방정식의 집합으로 항상 취급될 수 있기 때문이다. 예를 들어 금속에서 소리와 열의 전달은 포논(Phonon)이라고 불리는 상호 작용하는 개념의 항목으로

설명될 수 있다. 따라서 선형영역에서 하나의 금속은 마치 기본적인 포논으로 구성된 것처럼 행동한다(마치 원자가 기본 입자의 결합으로 행동하는 것처럼). 그러나 금속의 온도가 올라가게 되면 혹은 다른 방식으로 더 급격하게 섭동하게 되면 비선형적인 행태가 우세해지고 더 이상 상호 작용하는 포논의 항목으로 특성을 설명하는 것이 불가능해진다. 이때 금속의 행태는 전체가 하나의 시스템으로 나타난다. 그리고 새롭고 예측할 수 없는 효과들이 갑자기 나타난다. 일련의 상호 작용하는 포논으로부터 기대되지 않은 한 가지 새로움의 명백한 형태는 고체에서 액체로 형태가 변화하는 금속의 녹는점에서 발생하는 원자 격자의 분해이다.

이러한 고찰은 자연을 분석적이고 기본 원소들의 상호작용으로 보는 전통적 방식에 근거를 제공한다. 시스템이 제한된 범위 안에서 선형적인 부분에 국한된다면 이러한 방식은 상당히 타당하다. 그러나 혼돈, 난류, 상태 변화, 전이 그리고 진화와 같은 더 일반적인 상황에서 자연은 부분이나 부분의 합으로서가 아닌 전체 시스템에서 생각해야 하는 더 섬세한 동작 양상을 보여준다. 이러한 비선형적인 자연은 기계보다 생명조직의 작용에 가깝다. 따라서 이러한 자연의 행태를 이해하기 위해서는 선형적인 인과율보다는 동시발생이라는 새로운 태도를 가질 것을 요구하고 있다. 이러한 접근 태도에서, 마음은 더 이상 기계적인 우주의 이방인으로 남아있지 않고 오히려 마음의 작용과 물질의 변형은 공명하게 될 것이며 마음과 물질이 모두 깊은 근본으로부터 발생하는 것으로 보여질 것이다.

앞글에서 우리는, 물질적인 몸의 이동과 충동을 바다에서의 파동으로 설명하였다. 그러나 지금 비선형적인 상호작용에 대한 깊은 이해 덕분에 대양 자체의 더 복잡하고, 명백히 무작위적인 움직임은 특별

한 질서의 미묘한 형태임이 드러났다. 비선형적인 파동의 상호 작용을 연구했던 유안(H.C. Yuan)과레이크(B.M.Lake) 두 물리학자는 대양의 표면이 높은 수준으로 정형화되어 있거나 혹은 질서화 되어 있다고 제안하였다. 그래서 사실 대양 자체는 이전의 상황 전부를 “기억”하고 있다 라고 제안하였다.

## 솔리톤(Soliton)

비선형방정식의 어떤 등급에서 가장 두드러진 특징 중 하나는 솔리톤이다. 이것은 어떻게 부분이 전체의 표현으로 나타날 수 있는가 하는 것을 극적으로 보여준다. 솔리톤의 영상을 이용하면, 의미 있는 국소적 패턴이 어떻게 일반적인 바탕에서 표출될 수 있는가를 볼 수 있게 해준다. 솔리톤이 불과 지난 십년 전에 세밀한 수학적 연구 결과에서 나온 것이지만, 이것이 처음으로 목격된 것은 1834년 러셀(Mr. J. Russell)에 의해서였다. 그는 좁은 수로 옆길을 따라 말을 타고 가던 중 호기심을 불러일으키는 파동을 목격하였다:

....매우 빠른 속도로 상당한 크기의 둥글고, 잘 형성된 물의 덩어리가 독립적인 형상을 유지한 상태로 협로를 따라 형태의 변화 없이 이동하였던 것이다.

협로의 구부러진 지점에서 그 파동을 잃어버릴 때까지 러셀은 말을 타고 1~2마일의 거리를 추적하였다. “외로운 파동”이라 칭한 이것은 일반적인 파



동처럼 빨리 분산되어 사라지지 않고, 상당히 먼 거리를 잘 정돈된 형태로 빠르게 이동하였다.

지금은 솔리톤이라 부르지만 외로운 파동은 전자기회로, 신경 충격, 그리고 원자의 진동 등 매우 폭넓은 비선형적인 시스템에서 발견된다. 사실, 기본적인 입자란 물질의 기본적인 건축 벽돌 같은 것이 아니라 비선형 양자 영역 아래에 있는 솔리톤일 것이라는 제안이 있다. 솔리톤은 명백하고 지역적으로 국소화되어 있고, 테니스공이 그러하듯이 궤적을 따라 움직일 수 있고, 2개의 솔리톤이 만났을 때 상호 작용하여 서로 편향된다. 다른 말로, 솔리톤은 기본입자의 외형 혹은 세상의 독립적인 요소를 모두 가지고 있다. 그러나 바로 그 솔리톤은 자신을 낳아준 바탕위에서 전적으로 존재한다. 솔리톤은 시스템 전체의 움직임을 통하여 일정하게 유지되는 국소적인 현상인 까닭에; 생성되어, 공간과 시간적으로 형성이 유지된 다음 그 바탕인 토양으로 되돌아가게 된다. 자연에서 비선형성을 보여주는 명백한 것들은, 대기압력 파동과 조류에 의한 구멍 뚫기, 목성의 거대적반 현상, 고체에서의 열전도, 초유동성 그리고 초전도 현상 등이 있다. 이러한 예들을 통하여 “전체의 법칙”이라는 개념 안에서 분석과 환원법의 중요한 하나의 역할을 발견하는 것이 가능해졌다.

앞글에서 인과율의 환원주의와 선형적 차원은 거부했는데 그것이 과도하게 제한하며 자연의 필수적인 다양함을 이해하지 못하게 하기 때문이었다. 그러나 솔리톤의 경우에는, 하나의 시스템을 전체라는 맥락 속에서 상대적으로 독립된 부분을 분석하여 보는 것이 가능하다. 그러므로 분석법은 전체의 전반적인 활동성 안에서 중요한 위치를 차지할 수 있다. 왜냐하면 각 부분들을 분해하고 관계를 연구하며, 내부적인 구조 패턴을 관찰할 수 있기 때문이다. 혼돈이 생기는 것은

분석과 환원주의가 절대적이라고 할 때이다. 그리고 “솔리톤”을 진정으로 독립된 실재 요소라고 여길 때이다. 전체적이면서 분석적인 이중적인 방법으로 접근한 예는 새로운 작품에 대한 피아니스트의 접근 방식에서도 발견될 수 있다.

첫째로, 음악가는 음악에 대한 전체 곡의 감각과 요점에 대한 “느낌”을 이끌어내야만 한다. 그러나 또한 세부적인 해석을 포함한다. 악보의 연구를 통하여 그리고 피아노를 이용한 다양한 악절 해석 “시도”를 통하여, 음악가는 음악의 내부적인 작업을 이해하기 시작한다. 그러나 이것은 항상 음악의 전체 형태의 틀과 연주 효과로서 만들어진 것이다. 따라서 최종 연주는 전체적인 혹은 전반적인 접근과 지역적인 혹은 해석적인 탐구 모두를 포함하여 구성된다. 비록 많은 경우 전체적인 고려가 부분적인 상세함보다 적게 차지하는 경향이 있을지라도 유사한 현상이 과학자가 자연을 접근할 때도 나타날 수 있다. 따라서 이론 물리학자들은 사고 실험을 고안하여 수학적으로 시스템의 행동 패턴을 분석한다. 실험 물리학자들은 물리현상의 내부 구조를 차례로 조사하고 검사한다. 이것들을 통해 전반적인 내용을 고려할 때 시스템의 깊은 이해가 가능하게 된다. 그러나 이것은 항상 이론에서 벗어나는 위험을 안고 있거나 혹은 실험을 통하여 추론될 때 실재와 서로 섞이게 될 가능성이 있다. 과학의 분열과 혼란은 하나의 시스템을 서로 내적으로 관련되지 않는 분리된 기본 요소가 결합된 것이라고 생각할 때 발생한다. 똑같은 잘못이 상대적 개별적인 시스템을 본질적 개별체로 다룰 때도 일어난다. 어떤 경우 비선형 시스템은 상호 작용하는 솔리톤이라고 여길 때 가장 잘 다루어진다고 보이며, 하나의 단일한 전시스템으로 다루어질 때도 좋다.

솔리톤으로 다시 돌아가서, 그의 삶의 마지막에 이르면서 아인슈타

인(Albert Einstein)은 휘어진 시공간 더미에서 결국 물질과 에너지가 나오는 방법으로 일반 상대성의 비선형 미분방정식을 일반화하게 되리라 여겼다. 당시에는 이러한 것에 대한 정보가 없었지만 아인슈타인은 솔리톤을 예견하고 있었고 가장 핵심적인 것으로 취한 것은 예를 들어, 하나의 돌은 모든 물질의 기반이 되는 파동의 복잡한 기하학적 초점 맞추기를 통해서 존재한다고 주장하였다. 예를 들어 시공간 속의 에너지 교차점인 하나의 마디는 안정한 상태로 존재할 수 있고 매우 긴 시간을 통하여, 마치 하나의 입자처럼 이리 저리 움직일 수 있으며, 다른 마디와 서로 충돌할 수도 있을 것이라 생각하였다.

아인슈타인의 관점에서 볼 때 우주는 각 부분이 전체의 표현인 하나의 조직체와 같다. 분리되어 나타난 독립적인 그 무언은 사실 비선형장이 들뜬 상태이다. 이 들뜬 상태가 일정 시간 지속되고 그런 다음 원래의 본바탕으로 되돌아가 합쳐지는 것이다. 아인슈타인은 이 마지막 에너지, 시공간 물질의 통일장을 발견하지 못했다. 그러나 다른 종류의 통일장이 지금, 기본입자의 세상에서 벌어지고 있다. 일부 물리학자들이 지금 기본적인 물질이란 단지 양자 영역에서 일부의 단일화된 들뜬 상태, 솔리톤의 표현이라는 생각을 추구하고 있다는 것은 주목할 만한 일이다. 비선형 수학에서 우주는 하나의 전체이며 형태와 패턴이 일정시간 나타나 유지되고, 그런 다음 그 본바탕인 전체로 돌아가는 것이라고 제안한다. 명백히 이러한 생각은 동시발생과 같은 것으로 연관된다. 게다가 이러한 접근 방식으로 가면 결국 마음을 수용하게 될 것이고, 의식 또한 물질과 마음 모두의 공통된 바탕인 깊은 밑바탕에서 발생하는 것이라고 여기게 될 것이다. 이런 의미에서 물질과 마음의 펼쳐진 패턴은 동시발생의 개념 안에서 관찰될 수 있을 것이다. 사실 단일의 활동으로 발생한다는 것이다. (다음호에 계속) 

- 이 글은 'SYNCHRONICITY'에서 발췌하였습니다.
- 이 글은 미내사의 허락없이 무단 전재나 재배포를 할 수 없습니다.

저자 | **데이비드 피트** | 데이비드 피트는 1938년 영국 리버풀에서 태어났다. 리버풀 대학에서 박사 학위를 받고 캐나다로 이주하여 처음에는 퀸즈대학에서 가르쳤다. 그후 캐나다 국립연구소에서 양자의 구조와 상대성 이론 및 양자이론의 기를 탐구하였는데 이것이 그로 하여금 과학적 세계관에 대해 의문을 가지게 하였다. 1971년 런던에서 데이빗 봄과 작업을 함께 하는 동안 그는 칼 융과 집합 무의식에 흥미를 갖게 되었으나, 처음에는 그것을 현재의 과학적 접근과 접촉하기가 어렵다고 느꼈다.

지난 10여년 동안 피트는 이 분야를 추구하는데 헌신하였고, 존 브리그와 함께 'Looking Glass Universe', 데이빗 봄과 함께 'Science, order and creativity'를 포함한 많은 책을 썼다. 의식과 우주의 밀바탕에 놓여있는 미세한 질서를 탐구해온 그는 과학과 심리학 뿐만이 아니라 연극과 라디오 방송에 관심을 갖게 되었고, 내적인 질서와 대칭성에 대한 연구는 그로 하여금 그림과 조각에도 이끌기도 하였다.

역자 | **이건우** | 동국대 물리학과 대학원 졸업이며, 현재 물리실험기기 개발 및 일반 업체 제품개발 일을 하고 있다. 이런 일을 하는 목적은 공간에서 에너지를 얻을 수 있는 방법을 찾기 위한 위임업으로 하고 있으며, 홈페이지 주소는 physics119.com 이다.

추천도서 마음에 닿은 책 Good Book

## Synchronicity

David Peat 저 | Bantam 刊 | \$16.00

동시성, 물질과 마음을 잇는 다리.

물리학자들이 통일장 이론을 탐구하는 동안 칼 융과 동료들은 의미있는 우연의 일치와 시공간의 전체성, 개인의 의식 등의 배후에 놓여있는 통일의 원인인 동시성을 탐구해왔다. 이제 데이비드 피트는 이 두가지 연구를 결합하여 양자이론과 동시성 사이의 연결점을 보여주기 위해 여정을 시작하였다. 그리고 물질과 마음 사이를 잇는 다리에 대한 놀라운 이해를 보여준다.

매혹적인 역사적 일화 및 예리한 과학적 분석과 함께 이 책은 고대의 통찰과 현대의 과학이론을 결합하여 우주에 대한 새로운 관점을 보여준다. 그리고 그것은 우리의 자각과 삶을 확장시키고, 21세기를 위한 신과학의 길을 펼쳐보일 것이다.

