

# 자연 · 인간, 그리고 황금분할 I

서경대학교 수리정보통계학부 **안가경**  
한양대학교 응용수학과 **한정순\***

## Abstract

In this paper, we examine human perception and mentality on the shape, and study the correlation of golden section with nature and human being.

## 0. 서론

이 논문에서는 형태에 대한 인간의 지각과 심리를 연구하고, 자연, 자연으로서의 인간 그리고 황금분할의 관계를 연구하고자 한다.

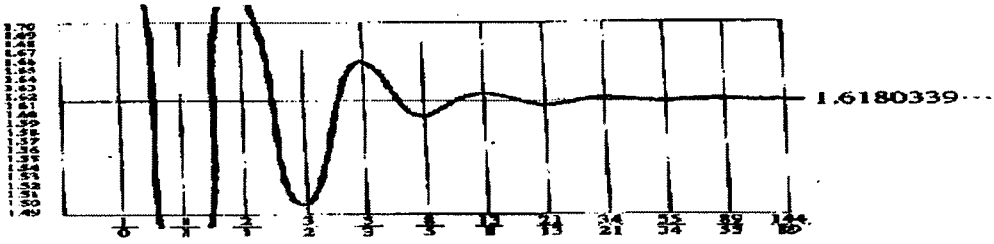
우주의 모든 것에는 생명이 있고, 그것들이 끝없이 성장하고 발전하는 데는 일정한 기준과 규칙이 있다. 그 중의 하나가 황금비와 그것과 관련된 피보나치 수열이다. 피보나치 수열은 12세기 말 이탈리아 천재 수학자 레오나르도 피보나치가 제안했다. 피보나치 수열을 적어보면, 다음과 같다.

$$\frac{0}{1}, \frac{1}{1}, \frac{0}{1}, \frac{2}{1}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{8}{5}, \frac{13}{8}, \frac{21}{13}, \frac{34}{21}, \frac{55}{34}, \dots$$

그리고 분수를 소수로 바꾸어서, 그 결과를 그래프로 나타내면, 항들은 점점 이상적인 값 1.61803398875...에 접근한다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 처음에는 이상적인 값보다 훨씬 위로 갔다 아래로 갔다 하며 시작되다가 결코 도달할 수 없는 무한을 향해 점점 가까이 다가가는 것을 관찰할 수 있다.

피보나치 수열에서는 멀리 나아갈수록 이상적인 값에 가까워진다. 그것이 접근해 가는 이상은 수백 년 동안 여러 가지 이름으로 불려왔다. 그 중에는 '황금', '신성한', '신과 같은'을 포함해 최고의 경의를 표시한 이름들이 많다. 그 이상은 바로 생명의 이상적인 균형인 '황금

\* 본 논문은 2002학년도 한양대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었음.



<그림 1>

분할(golden mean: 이 영어 단어에는 '황금의 중용'이란 의미도 있음)이다. 현재 황금 분할은 그리스 문자  $\Phi$ (파이)로 나타내는데, 이것은 20세기에 들어와 그리스의 조각가 피디아스(Phidias)를 기리기 위해 그렇게 정해진 것이다.

실제로는  $\Phi$ 는 수가 아니라 관계이다. 우리는 눈에 보이는 수에만 집중하는 경향이 있지만, 수는 그것을 나타나게 한 누적 과정의 표현이다. 실제로 우리는 0과 1뿐만 아니라, 어떤 두 수를 가지고도 시작할 수 있다. 연속적인 두 항을 더하여 그 다음 번의 항을 얻는 식으로 계속해 나가면, 그 이상적인 극한값은 항상  $\Phi$ 에 접근한다.

본 논문 “자연 · 인간, 그리고 황금분할 I”에서는 형태의 이론(현실적 형태와 형태의 지각과 심리), 자연에서의 황금분할로 전개하며, 앞으로 나올 논문인 “자연 · 인간, 그리고 황금분할 II”에서는 자연으로서의 인간과 황금분할관계의 순서로 전개하여, 자연과 자연으로서의 인간 그리고 황금비와의 관계를 연구하고자 한다.

## 1. 형태의 이론

시각적으로 아름답게 지각되는 대상은 색이 아름다울 수도 있으나, 색 이전에 형태가 아름다워야 하며, 형태의 아름다움은 비례미에서 근거한다.

### 1-1. 현실적 형태

자연물은 인간의 의지나 요구와 관계없이 형성된다. 말하자면 자기 형성에 의해서 성립되는 것이다. 그러나 그것은 다른 모든 것에서 격리되어서 고립되어 있는 것은 아니다. 자연현상이거나 물질이거나 그것들은 항상 다른 것과 연관하여 작용하고 있다.

자연계의 변화와 운동은 대립하는 요소의 상호작용에 의해서 발생하는 것이라고 생각된다. 예를 들자면 지구의 공전은 태양의 인력과 지구의 질선력이라는 서로 대립하는 힘의 상호작용에 의한 것이다. 새로운 물체나 현상이 발생하는 것도 대립물의 상호작용과 통일에 의한 것이다. 자연형태는 이와 같은 자연물 또는 자연현상이 우리들에게 감각을 주는 하나의 측면이라고 생각하지 않으면 안 된다.

인간이 미의식을 가지게 된 것은 언제부터인가? 이것은 명확하지는 않으나 자연에 접하고 자연을 바라보는 것에 의해 비로소 <아름다움>을 느끼고, 이것을 의식하게 된 것은 의심할 여지가 없다. 아름답게 느끼는 것은 동시에 보기 싫게 느끼는 것이 존재한다는 것을 예정하고 있다. 미와 추와는 서로 대립하는 한 쌍의 관념이다. 인간은 자연 중에 양자, 또는 중간의 것을 발견했음에 틀림이 없다. 끝으로 그것은 인간 자신의 조형물에 대해서도 느끼게 된다. 그래서 다음 단계에서는 그것을 기호에 맞게, 아름답게, 사랑스럽게 만들고자 생각하고, 이렇게 하기 위해서는 어떻게 하면 될 것인가를 생각하게 된다. 미의 모범을 자연 중에서 구하고자 하는 태도는 이와 같이 해서 발생한다고 할 것이다. 아름다운 형의 비밀은 무엇일까? 이것을 알기 위해서는 아름답다고 생각되는 동식물, 광물, 인체의 연구를 하게 된다. 좌우대칭은 가장 빠르게 알게 된 미적 형성의 원리임에 틀림이 없다. 또한 고대 이집트, 히랍, 로마에서 문예 부흥기에 이르는 동안 인체 비례의 연구도 그 대표적인 실례의 하나로서 신체 각 부의 비례(치수 관계)가 어떻게 되어 있을 때 그 인체가 아름다울 것인가 하는 것이 중요한 문제가 되었다. 이것에는 시대에 따라 차이가 있으나 8등신(머리 길이가 전신장의 8분의 1)이 아름다운 인체 비례라고 하는 것은 그 한 예이다. 이어서 이번에는 인체 비례를 건축이나 기물의 중요 부분에 적용하여 아름다운 형을 얻고자 하는 생각으로 발전하였다.

이와 같이 자연의 아름다움을 바라보는 것에 의해 시메트리나, 비례되는 것이 미의 형식으로서 발전했을 뿐 아니라 밸런스나 리듬, 하모니, 콘트라스트 등의 원리를 알기에 이르는 것이다. 그러나 이것을 미적 형식의 원리로서 정확하게 의식하게 되면 그것은 자연 형식 중에만 존재하는 것이 아니고 현실의 자연 현상을 초월한 이념으로서 존재하고, 모든 조형에 통용될 수 있다는 것을 이해하기 시작하였다. 예를 들자면 좌우 대칭은 동식물 중에 수많은 예가 존재하고 특히 인간과 같은 고등동물의 신체 구조를 명확하게 지배하고 있으나 그것은 동시에 엄밀하게 수학적 개념인 것이다. 가령 좌우 대칭이라는 것이 자연계의 어디에서도 발견되지 않는다고 하여도 인간은 그것을 기하학의 세계에서 발견했음에 틀림이 없다.

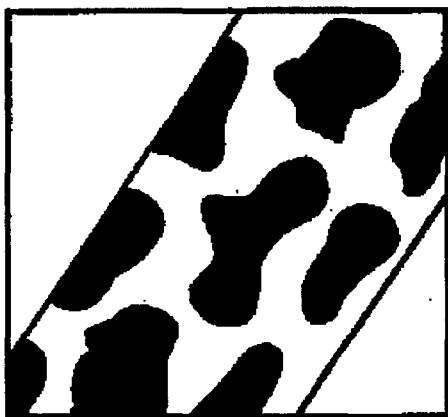
## 1-2. 형태의 시각과 심리

형태의 존재를 인식하기 위해서 필요한 것은 시각과 촉각이다. 그것이 어떤 형태인가에 대해서 시각으로 잡을 수 있는 것과 촉각으로 알 수 있는 것과는 일치하는 경우도 있으나 시각으로는 알 수 있으나 촉각으로는 알 수 없는 것도 있으며 시각으로는 구별되지 않는 것도 있다. 그러나 일반적으로 말한다면 시각쪽이 예민하며 촉각보다는 월등하게 미묘한 차이를 찾아낼 수 있다. 즉 시각은 인간에 있어서 우위에 있는 감각이라고 하지 않으면 안 된다.

우리들의 눈은 아마도 수십 만 년에 걸쳐서 물체를 보아왔다. 그래서 아무리 우수한 현미경이라 할지라도 인간의 눈을 전체로 하여 성립하고 있는 것이다. 또한 눈을 가지고 있는 것은 인간만이 아니지만 인간의 눈은 그 구조와 기능에 있어서 특히 우수하다. 똑같이 물건을 본다고 하여도 명암을 판별하는 명암이나 움직이는 것을 인정하는 운동시만의 능력밖에는 없는 동물이 적지 않다. 곤충 중에서도 진보된 시각을 가지고 있다는 꿀벌도 색채시(색

각)는 상당히 발달되어 있으나 형태시(형의 지각)은 거의 제로에 가깝다고 한다. 이와는 반대로 포유류나 조류는 일반적으로 형태시를 지니고 있으나 색각이 결여되어 있다고 한다. 인간의 정상적인 눈은 이것들을 모두, 즉 명암시, 운동시, 색채시, 형태시를 완전히 갖추었고 또한 높은 정도를 지니고 있다. 따라서 인간의 촉각, 기타의 감각에 비해 시각이 가장 우위에 있다는 것이 인정된다.

우리들이 형태를 지각하기 위해서는 형을 갖는 대상에서의 빛의 자극이 망막을 통하여 대뇌에 전해지지 않으면 안되지만 그 곳에 전해진 것, 즉 정보를 이해하지 않으면 안 된다. 예를 들자면 백지위에 그려진 둥근 도형이 전해졌을 때에 그것을 단순한 원으로 받아들이는가, 제로를 뜻하는 숫자인가, 알파벳 O를 뜻하는 것인가 등, 그 뜻이나 내용을 지각할 것이다. 이 때에 어느 것을 채택하는가 하는 것은 그 대상의 외적 · 객관적 환경이나 제시되는 방법 등에 따라서 일방적으로 정해지는 것은 아니고 보는 사람의 마음가짐, 주의하는 상태, 흥미나 관심의 비율을 과거의 기억이나 경험의 누적 등이 뒤엎킨 적극적 활동에 의해 크게 된다. 아래 그림에는 정방형 중에 뜻을 알 수 없는 도형이 그려져 있다. 만약 기린이 사각으로 된 창 밖을 걸어가고 있는 것이라고 설명을 듣고 보면 불분명한 도형은 뜻이 있는 명확한 도형이 된다. 이와 같이 우리들의 형태지각에 과거의 경험이 크게 작용하는 경우가 많다.



태어나면서부터 장님이었던 성인이 치료를 받고 시력을 얻었을 때 그 사람은 즉시, 색이나 형의 분별을 하지 못한다고 한다. 예를 들자면 적색의 삼각형의 판을 보고, 그 색이 적색이라는 것을 알게 되는 것은 쉬우나, 삼각형을 지각하는 데에는 수 주간의 연습이 필요하다. 즉, 눈에 의한 형태의 지각에는 그 형태를 구성하는 점-삼각형에서는 3개의 직선과 서로 만나는 3개의 정점-을 눈으로 살피가지 않으면 안 되는 것이다. 뇌의 장애로 인해서 형태시의 능력을 잃어버린 사람의 경우, 그는 머리카락을 움직여서 삼각형의 외형을 좇은 다음에 가까스로 삼각형이라는 결론을 내린다고 하지만, 상기의 예와 같은 조작임에 틀림이 없다. 보통 사람은 하나하나 이같은 경로를 거치지 않고 판단하고 있다고 생각되지만 그것은 오랜 세월의 경험의 결과에 의한 것으로, 낮익은 형에 대해서만 유효할 것이다.

## 2. 자연에서의 황금분할

### 2-1. 식물과 황금분할

식물의 잎은 햇빛을 받아 광합성을 하여 양분을 만드는 기관이고 가지는 그 양분을 전달하는 기관으로 그 잎이나 가지가 모두 되도록 많은 부분에 걸쳐 햇빛을 받아야 한다. 식물의 가지는 어느 정도 자라다가 가지치기를 하게 되는데 한 개의 가지는 주 가지에서 그대로 뻗어 가는 주 가지와 방향을 약간 달리하여 새로 나는 부가지로 나누어 가지를 친다. 가지의 수는 일정한 계급 조직에 의해서 계속 증가하고 있음을 알 수 있다. - 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...이라는 식으로, 다음 수가 그 앞 두 개의 수를 합쳐서 되는 일련의 피보나치 수열을 이룬다. 잎이나 나뭇가지가 그 줄기의 주위에 그리는 나선상의 대칭을 보면 엄밀한 피보나치 급수에 따르고 있는 것이 보통이다- 줄기의 원주에 대하여,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{5}{8}$ , ... 등의 비율로 잎이나 가지가 나온다. 결코 정수비로는 되지 않는다. 또한 각각 이웃이 되는 잎과 잎의 두 점 사이에 있는 원주각은 거의 137.7도의 각도를 유지하고 있다. 모든 나무가 피보나치 수열로 가지치기를 하는 것은 아니고 그 종류와 환경에 의해 좌우되기도 하지만 이러한 가지치기 역시 그늘을 최대한 적게 만들어 햇빛을 많이 받게 하려는 자연의 생존 전략인 것이다. 또한 해바라기의 씨 배열을 보면 하나 하나의 씨앗열이 나선형으로 된 소용돌이 분포는 각 열이 직선으로 된 방사형 분포에 비해 더 많은 수의 씨앗을 밀착시키므로 밀도를 높게 하고 비바람에도 잘 견딜 수 있게 하는 분포이기도 하다. 그렇다면 이러한 모든 것들이 왜 피보나치 수열의 구조를 띄는 것일까?

이것의 답으로 잎차례를 살펴보면,  $\frac{a}{n}$  (즉 a회의 회전당 n장의 잎)이  $\frac{1}{2}$  (0.5)라고 하자. 3번째 잎의 위치는 첫 번째의 잎의 위치와 같다. 이것은 비효율적인 배치인데 상단의 잎이 하단의 잎에 그늘을 지게 할 것이다. 서로 엇비슷하게 배치되어야 햇빛을 최대한 받을 수 있다. 그 값이 0.6인 경우에 대해서 생각해 보면, 이것은  $\frac{3}{5}$  이고 6번째 잎에서 원위치로 돌아올 것이다. 그러므로 앞의 0.5보다는 효율적이지만 그래도 최적의 상태는 아니다. 여러 가지 소수값을 줌으로서 이 효율을 계속 올릴 수 있다. 그러나 이 값이 유리수의 꼴로 나타나는 한 그것은 항상 최대공약수를 가지고 그 값에서 원위치로 복귀한다. 그러므로 잎차례는 유리수의 꼴로 나타낼 수 없는 무리수의 값을 갖는 것이 가장 효율적인 배치이다. 잎은 각 개체적 단위이기 때문에 정수의 꼴로 나타난다. 자연의 형태형성에 피보나치 수열이 계속해서 재현되는 것은 무리수의 정수화의 가장 최적의 수열이기 때문이다.

이와 같이 미묘한 대칭성의 규칙이 자연의 조형에 기능과 형성미가 합치된 복잡한 뉘앙스를 주고 있다. 르 코르뷔지에도 여러 방향으로 싹트는 어린 가지의 각도가 이루는 법칙성을 발견하고 이렇게 말하였다. “나무의 전체는 하나의 순수하게 수학적인 함수이다.”

## 2-2. 동물과 황금분할

나선상의 집적체는 중력에 대하여 원심력이 능가하는 경우에 나타나며 수면의 소용돌이라든지 사이클론(저기압)의 형으로서 알려져 있다. 그러나 생체의 경우에는 DNA의 구조가 이중나선인 것을 보더라도 다른 원리로 비틀림이 생기는 것 같다. 나무의 잎이 돌아 나오는 방법도 피보나치 수열에 근거하는 나선상이었다. 생명체에 있어서 최소 최대의 법칙에 들어맞는 자연스런 모양인지도 모른다. 또한 인간의 역사에 있어서의 다양한 조형에도 자연계에서 본보기를 얻은 나선구조의 채용이 절대적인 기능성을 부여하고 있다.

앵무조개의 경우 내측과 외측에 나타나는 정확하게 다른 성장비가 등비급수로 퍼져 가는 대칭나선형을 만들어 내었다. 오디오울 잘 아는 사람이라면 저음용의 호른을 연상할 것이다. 사이즈가 다르고 상하면이 합치한 것 같은 형태의 상자를 비스듬하게 이어가면 등각나선이 되는데, 이 간결한 기하학으로부터 우수한 체적 효율과 운동성, 강도가 앵무조개에 생겨나게 된다.

앵무조개의 바깥껍질과 내부구조는 그것에 의하여 보호되는 육체와 함께 교묘한 생체기능을 달성하고 있다. 나선상의 껍데기는 갈빗대 구실을 한다든지 비틀림에 의한 보강으로 그것 자체가 외력의 충격에 강한데다 격실(隔壁)을 터빈상으로 잘게 나눈 단단한 격벽에 의해서 외압에 대한 방어가 완벽해진다. 바깥껍질과 격벽을 접합하는 입체적인 방식이라든지, 내장과 중핵을 연결하는 체관(體管)이 격벽을 통하는 부분의 보강돌기 등을 포함, 모든 부위와 전체는 논리적인 《응력막 구조》의 패턴으로 일관하고 있다. 복잡하지만 규칙 바른 접합부는 표면의 봉합선으로 나타나 소라의 형태에 독특한 뉘앙스를 빚어내었다.

이 교묘한 메커니즘은 개체 내 성장과정의 집적으로서 만들어져 간다. 중심의 핵인 유각(幼殼)에서 시작하여 나선상으로 성장하는 주방(住房)을 감싸는 누벽(壘壁)이 된 아름다운 모습은 개체가 스스로 해수로부터 빨아들인 칼슘을 분비하면서 쌓아올린 것이다.

앵무조개(nautilus)는 해저에 잠겨 있고, 때때로 먹이를 구하러 해면까지 부상한다. 떠오를 때에는 가스를 발생시켜 격벽의 내측이 붙어있게 만들어 비중을 가볍게 한다. 잠수함과 유사한 방식이다.

따라서 앵무조개는 성장함에 따라 껍데기를 만드는 물질을 분비하는 선 역시 커지면서 점점 확대되는 껍데기를 만든다. 조개껍데기의 황금나선형은 어떤 크기가 되든지간에 똑같은 무게중심을 유지하며, 앵무조개도 역시 몸집이 커짐에 따라 몸의 균형을 잡는 법을 다시 배워야 할 필요가 없다.

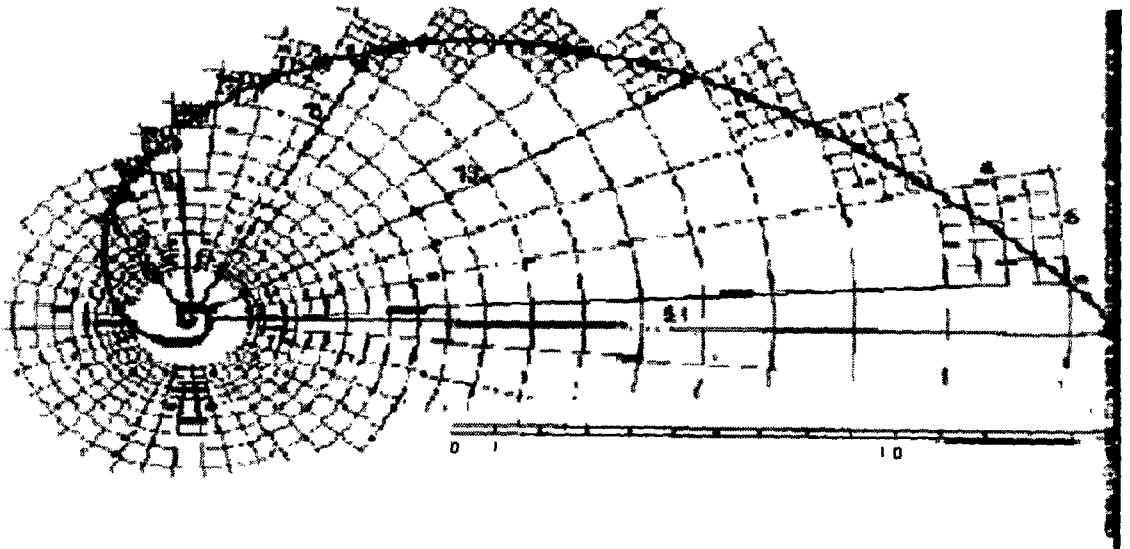
숫양의 뿔이 자라는 것도 마찬가지이다. 뿔이 점점 커지면서 뿔의 물질이 쌓여가더라도 황금나선형은 똑같은 무게중심을 유지한다. 그래서 숫양은 계속 자라나는 뿔을 받치기 위해 평생동안 계속 자세를 고치지 않아도 된다.

이와 비슷하게, 각각의 “눈”주위에 생긴 나선형 계단을 따라 가지와 잎을 뻗는 나무는 크

기가 엄청나게 자라더라도 항상 균형을 잘 유지한다. 이러한 것들은 다시 말하면 생성초기에서부터 되짚어 볼 때, 나선형을 가진 동물은 작은 수정란에서부터 개체로 성장하면서 그 겹질이 모양과 비율을 그대로 유지하면서 성장하는 구조이다.

이와 같은 등각나선의 형태를 가진 동물들은 모두 황금비를 간직한 것으로서 성장초기부터 그 형태를 그대로 보존한 동물에 해당된다. 고등동물에 비해 아주 낮은 단계의 하등동물이지만 그 안에 황금비를 담고 있는 성장방식을 엿볼 수 있다.

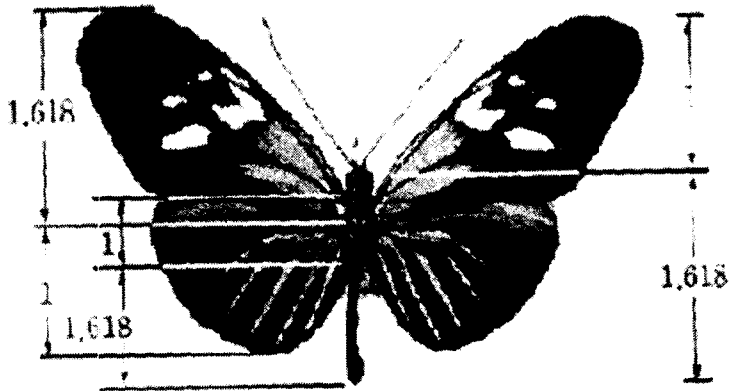
매우 다른 조개 형태라 하더라도, 예를 들어 거의 완벽한 원형인 대서양 해시게와 당나귀의 귀와 같이 커다란 여러 가지 전복을 비교해 보면 황금 상반에너지의 비율을 공유하고 있음을 알 수 있다. 전복에 있어서 연속되는 성장의 단계는 -이웃하는 등거리 반경에 따라 측정되는- 피보나치 수열의 숫자들이다<그림 2>.



<그림 2> 전복 조개 외각선의 상반에너지에 의한 재구성

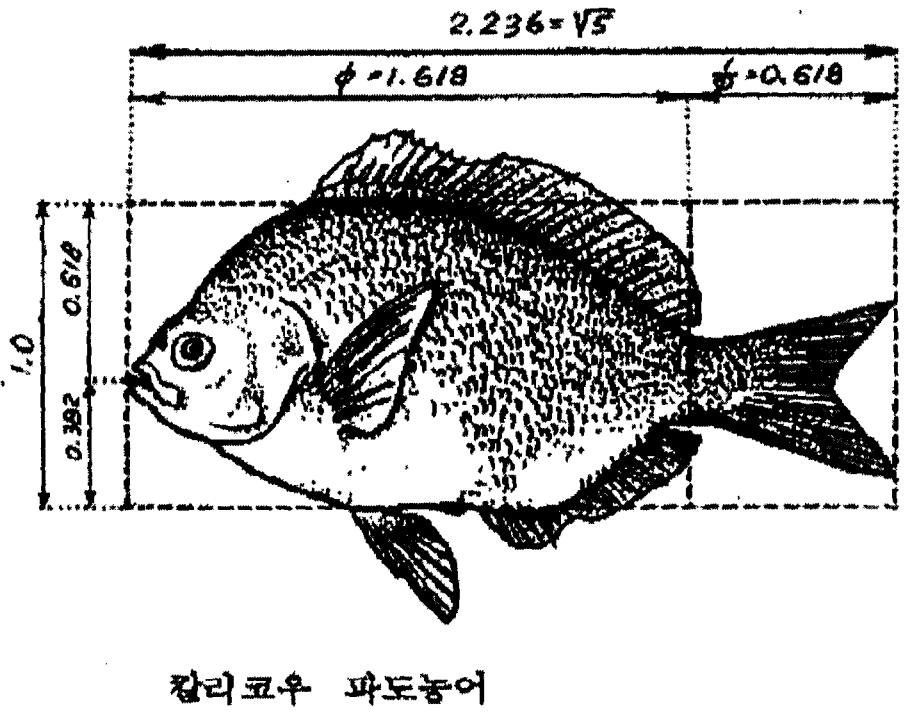
다음 <그림 3>은 열대지방에서 서식하는 나비인데 양날개를 펼친 모양이 아름답다. 이것은 비례와 대칭을 가지고 황금비로 균형을 잡고 있기 때문일 것이다. 먼저 나비가 날개를 펼치면 전체 높이는 머리에 의해 황금비로 나누어진다. 그리고 머리를 제외한 몸통부분은 가슴 부분과 배 부분으로 나누어지는데 그 길이의 비가 황금비를 이루며 윗날개와 아랫날개가 접하는 지점에 의하여 전체의 길이는 아래서부터 위로 황금분할을 이룬다.

다양한 여러 형태의 물고기를 연구하면 유사하게 공유된 비율에 의해 생기는 동일한 리듬의 조화를 알 수 있다. 다음 2종류의 물고기에 대한 비율을 분석해 보면, 그들의 기본 윤곽과 세부적인 그들 몸체의 관절 상태에서 황금분할의 비율 및 3-4-5 삼각형 비율이 여러 가지 형태로 공유되어 있음을 알 수 있다. 다음 그림에 있는 두 마리의 물고기 그림은 어떻게



<그림 3>

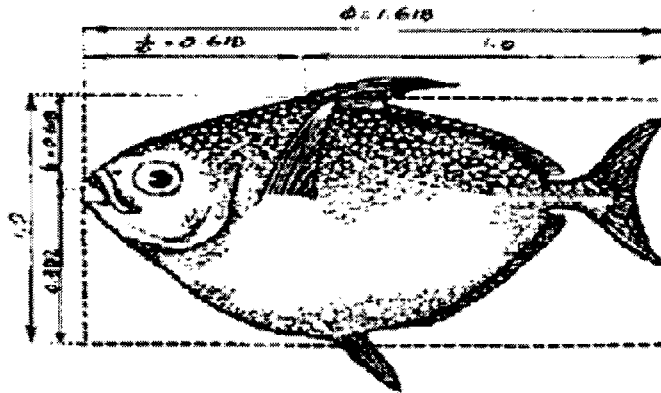
그들의 외형이 때때로 정사각형과 연결되는 황금직사각형과 그들의 복수와 반수에 적당한지를 예증한다. 칼리코우 파도농어<그림 4>와 오파<그림 5>는 입이 몸 높이의 황금분할 중심에 있다. <그림 6>의 물고기는 3-4-5 삼각형의 연속들이 입에서 꼬리까지의 윤곽에 들어맞고 있음을 보여 준다.



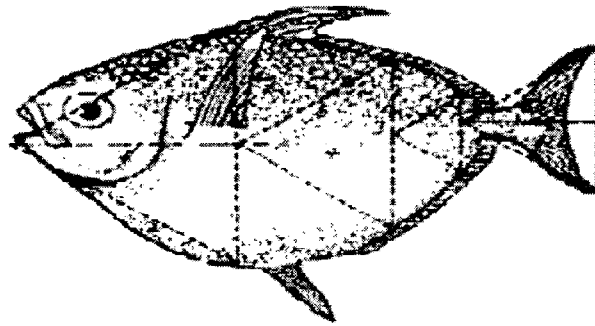
<그림 4>



<그림 5>



오자



<그림 6>

여기에서 우리들은 동물의 해부도에서 공유된 균형잡힌 관계가 수행하는 중요한 역할을 알 수 있다. 공유가 단지 물질적인 해부의 균형잡힌 관계에 국한되는 것이 아니라 동물의 사회관계에까지 확장된다는 것을 알 수 있다. 그리하여 공유가 실제로 자연에 있어 기본적인 형태형성과정의 하나라는 사실을 알 수 있다.

### 3. 결론

자연과 인간이 만든 창조물 속에서 공통되는 조화와 질서를 발견할 수 있다. 많은 자연물의 황금비율이 숨겨져 있는 것을 학문적으로 밝힌 것은 19세기 중반으로 미학자인 차이징(독일) 등에 의해서이다.

황금분할은 자연계에서는 <최소 최대의 법칙>에 합치되는 기하학적인 사상으로써 최소표면적, 2점 내지 다점간의 최단거리, 양자밀도의 최대화 등 물체의 최소화를 가져오는 규칙이

거대화 경향의 물상들 속에 숨겨져 있다. 따라서 자연의 아름다움은 항상 조건에 대한 최적의 해를 찾아내고 그것에 따라 설계되어 있다는 것이다. 또한 인간의 역사에 있어서의 다양한 조형에도 자연계에서 본보기를 얻는 나선구조의 채용 등이 절대적인 기능성을 부여하고 있다. 인간의 조형양식의 발전과정은 생물진화의 형성과 매우 유사하다.

황금분할은 자연현상의 조화와 형태 속에 원천적으로 내재해 있을 뿐만 아니라 인간의 가장 뛰어나고 조화된 작품 속에서도 명백히 존재하는 이 규율은 모든 것의 관련성을 증명하고 있다.

### 참고 문헌

1. Boyer, Carl B., *A History of Mathematics*, Princeton University Press, 1968.
2. Eves, Howard, *Return to Mathematical Circles*, Prindle, Weber & Schmidt, 1988.
3. 김용운 · 김용국, 수학사 대전, 우성문화사, 1990.
4. Cajori, F., *A History of Mathematics*, Macmillan Company, New York.
5. Morgan, M.H./오성덕 역, 건축십서(*The ten Books on Architecture*), 기문당.
6. 김미자, 황금비에는 황금이 있다, 수학사랑, 2001.
7. 한정순 · 임종록, “황금분할과 조형예술,” 한국수학사학회지 제10권 제2호, 1997.