

생존으로서의 곡선(曲線)에 관한 연구

- 물리적 구조법칙을 중심으로 -

A Study of the Curved Line as a Survival

- Especially Centered on the Physical Structure -

박규현(Park Kyu Hyeun)

대구대학교 산업디자인학과

신기봉(Shinkibong)

신라대학교 제품디자인공학과

박영민(Park Young Min)

대구과학대학 멀티미디어과

이 논문은 2001학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 것임

1. 서론

2. 생존으로서의 곡선(曲線)과 곡면(曲面)

- 2-1. 부력(浮力)의 법칙
- 2-1. 압력(壓力)의 법칙
- 2-3. 관성(慣性)의 법칙
- 2-4. 장력(張力)의 법칙
- 2-5. 수축(收縮)의 법칙
- 2-6. 이동(移動)의 법칙
- 2-7. 조임, 꼬임(Distortion)의 법칙
- 2-8. 구심력(求心力)의 법칙
- 2-9. 해체(解體)의 법칙
- 2-10. 확산(擴散)의 법칙
- 2-11. 탄성(彈性)의 법칙
- 2-12. 원심력(遠心力)의 법칙
- 2-13. 음·양(陰·陽)의 법칙
- 2-14. 인력(引力)의 법칙
- 2-15. 유체역학(流體力學)의 법칙

3. 곡선(曲線)·곡면(曲面)의 역학구조

- 3-1. 곡률(曲率)의 역학구조
- 3-2. 길이의 역학구조
- 3-3. 두께의 역학구조

4. 곡선·곡면의 의미론적(意味論的/Semantic)적 분석

5. 결론

참고문헌

(要約)

모든 사물의 형태는 사물이 가진 내부에너지와 외부스트레스 간의 균형관계라는 기존의 정의에서 출발된다. 이것을 생물체 간의 균형관계로 볼 때 내부에너지는 생물체가 스스로의 존재 유지를 위해 필요한 에너지의 발생일 것이며 외부스트레스는 주변환경에서 가해지는 압박이라고 할 수 있을 것이다. 즉 생존에 필요한 내부에너지의 유지와 여기에 가해지는 외부스트

레스가 균형을 유지하는 점에서 우리는 사물의 형상이 존재하게됨을 알 수 있다. 그런데 여기서 아울러 발견되는 것은 이러한 형상들은 주로 비직선(非直線)인 곡선(曲線)과 곡면(曲面)으로 이루어져있음이란 사실이다. 다시 말해 직선과 직면으로 이루어진 형상이란 존재하는 사물의 세계에서 발견하기란 거의 불가능하다. 대체로 우리는 그동안 곡선과 곡면을 주로 시각적 아름다움<美>의 대상으로만 여겨왔다. 본고에서는 곡선과 곡면에는 아주 먼 원인류(原人類)부터 우리의 생존을 지켜주는 중요한 기능(機能/Function)들이 함께 하고있음을 제시하고, 다시 그러한 기능을 물리적 역학구조의 시각에서 좀더 보다 세밀히 관찰해 봄으로서 특히 곡선행태를 다루는 디자인의 근원에서 무엇이 중요한 것인가를 살펴보았다. 물론 여기에는 수학이나 화학, 또는 생물학 등의 관점에 따라 자연현상을 여러 갈래로 분석하여 이들을 종합하는 것이 더욱 타당할 것이나 다만 본고에서는 연구능력의 한계로 물체의 외부형상을 다루는 디자인에 적용될 수 있는 물리적 구조에만 주된 관심을 두기로 하였다. 결과적으로 자연에서 발생한 곡선·곡면의 물리적 구조현상을 디자인에 더욱 충실할 때 시각적으로도 더욱 아름답다는 사실을 재차 확인할 수 있었음이 본고의 작은 결실이라 할 수 있다.

(Abstract)

Every object's patterns is the balancing-relationship between the object's inner-energy and outer-stress. To see this as a balancing-relationship between an organism, inner-energy would be the occurrence of thermodynamic entropy which is for its existing maintenance. Outer-stress would be the friction that comes from the surrounding environment. Namely, we can see that object's figure exists in the balance between an effort to survive and fiction that disturb it. However, it is found that these figures are consisted of a curve and curved-surface which is not a straight line. So, it is impossible to find a figure made up of straight lines and surfaces in the existing object's world. It's true that we have regarded only a curve as the beautiful. Here, we have presented that in a curve, there exists an important function which protects our survival from the ancient humanity. And by closely observing the function in a physical dynamic-pattern sight, we've searched what is important in the design's origin that handle curve-patterns. Of course it would be more reasonable to analyze it in the standpoints of Mathematics, Chemistry, or Biology, and synthesize the points. However, due to the limitation of the research-ability, we will concern about the physical structure in the design. Deficient details will be replenished through the study between educational systems. As a result, we have confirmed that, devoting the curve's physical structure-phenomenon (occurred in nature) to the design, is more beautiful in our eyes, too.

1. 서론

지구는 왜 우주행성으로서의 원괘(圓掛)를 그리며 존속을 유지하고 있을까 하는 것과 그리고 그것은 왜 둥글까 하는 두 가지 질문은 우리를 하여금 궁극적으로 중력과 물리적 역학구조를 생각하게 한다. 태초에 우주의 어느 한 부분의 가스층이 회오리치면서 지구를 생성시켰을 때 중력과 역학구조의 힘은 작용했으며 그것은 가스층 내의 흩어져있던 부분들이 곡선의 원괘에 따라 구심으로 휘몰려든 결과로 가능하였다. 즉 곡선의 작용이 새로운 것을 창조해내는 힘을 가짐을 보여준 대표적 사례로 볼 수 있다. 그러나 거기에는 단순한 곡선의 작용이 아니라 구심력(求心力)이라는 물리적 힘의 작용하였기 때문이 가능하였음을 빼놓을 수 없다. 즉 새로운 창조는 곡선의 작용에 의해 가능하며 동시에 이것은 물리적 구조의 힘을 동반하고 있었음을 알 수 있다. 둥고선은 각 부분들이 지구를 만드는 과정에서 생긴 높낮이를 곡선으로 나타낸 시각기호이다. 또 지구는 곡선지게 둥글기 때문에 우리가 지구의 어느 한 지점에서 아무리 직선을 긋는다 해도 그것은 결국 지구의 표면을 따라 도는 곡선에 불과할 것이다. 그렇게 보면 이 지구상에 실제의 직선은 없으며 있다면 다만 그것은 인간이 관념에 의해 필요에 따라 만든 것이지 자연적으로 생성된 것은 아닌 것이다. 이렇게 곡선은 지구의 생성에서부터 생성된 지구표면의 형상이나 작용에 이르기까지 존재방식으로 작용한다. 또 가장 완전한 바퀴는 완전히 둥글어야 하는 기능을 왜 우리는 완벽한 아름다움으로 생각하는가에 대한 답도 역시 곡선과 그것의 원리를 논함으로써만이 가능할 수 있을 것이다. 그러나 사실 이유를 말해야 할 필요가 없는 것들이 이 세상에는 너무나 많이 있다. 곡선이 왜 아름다운지에 대한 물음도 아마 대답할 필요가 없는 것 중의 하나일 것이다. 우리의 오랜 인식체계에 변화와 아름다움의 원리를 제공하는 곡선을 다시 논의하는 것은 년셈스에 불과하다고 생각할지 모르지만 우리의 일상생활의 사실들에 대해 밝히는 것이 과학이나 학문이 해야 할 일이라고 한다면 마땅히 곡선도 왜 아름다운지에 대한 사실도 한번쯤 밝혀져야 할 필요가 있다고 생각된다. 곡선과 곡면이 시공을 초월해서 영원히 아름답다는 사실은 이미 우리의 오랜 인식체계에 변함없는 사실로 받아들여지지만 그럼에도 불구하고 반드시 그것들이 아름답지만은 않은 반대사실의 발견은 기존의 이미지어(語)에 새로운 어의적 차이(語義的 差異/semantic differential)를 가능하게 해주는 일이 되고 있기 때문이다. <표 1>의 ☆표 부분은 곡선·곡면의 추(醜)한 설명이 될 수 있는 예이다. <표 1>에서 구분 1의 곡선·곡면이 가진 '간접적(間接的)' 이미지는 때에 따라 아름답지 못한 경우도 생기게 된다. '간접적'이라 함은 직접적이지 않아 솔직하지 못함을 드러내고 그렇게 되면 경우에 따라 부정적함을 나타내기도 한다. 구분 7, 8의 '교활한', '복잡한' 것은 순진하고 단순한 것에 대한 부정적 의미이기도 하다. 구분 28, 29처럼 '비겁하고', '거짓된' 것은 '용감하고', '진실된' 것에 비하면 매우 아름답지 않아 보인다. 보다 구체적 사항은 본문에서 거론될 것이지만 여기서는 다만 곡선의 형태와 그 이미지가 반드시 아름답지만은 않은 점을 상기시킴으로서 본고의 이해를 도울 수 있을 것으로 사료된다. 중요한 것은 바로 이러한 일상의 모습들 - 곡선이 아름답다는 보편 타당한 논리 - 에는 지금까지 우리가 미처 생각하고있지 않은 반대사실의 의미들도 포함되어 있음을 제시하면서 그 반

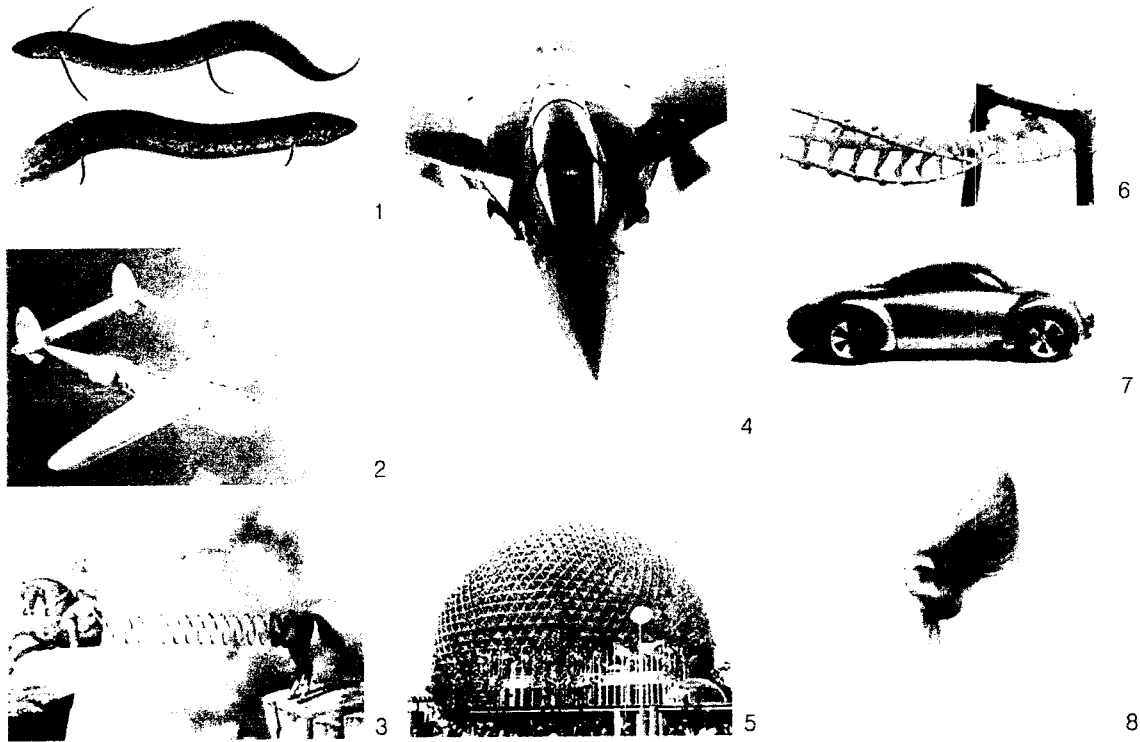
대사실들이 왜 본고의 서두의 설명으로 필요해야 하며, 그것이 본고의 제목인 "생존(生存)으로서의 곡선(曲線)"에 어떤 해답을 주어야 할 것인지에 대해서도 필요한 것으로 본다. 또 곡선의 생존에 필요한 물리적 구조법칙을 밝힘으로서 대부분 곡선을 바탕으로 하고있는 디자인실체에 도움이 된다면 나름대로의 연구의 의의가 성립된다. 물론 여기에는 물리적 구조이론뿐만 아니라 수학, 화학, 또는 생물학 등의 관점에 따라 곡선의 현상을 여러 분야별로 분석하여 이들을 총합하는 것이 더욱 필요할 것으로 본다. 여기에 대한 학제간의 종합연구는 보다 많은 성과를 거둘 수 있게 할 것이다. 다만 지금까지 곡선을 아름다움의 대상으로만 보기보다는 오히려 '생명체(生命體)의 생존(生存)을 유지하기 위한 개체간의 수단방식'으로 해석하는 본고의 주장 역시 곡선이 아름답다고 주장하는 것만큼이나 학문적 가치로 논의될 수 있다.

곡선과 곡면이 아름다움은 사실이다. 그러나 걸로 나타나지는 모양에 있어서의 아름다운 곡선과 곡면이 안으로 내재된 내용에 있어서는 전혀 '아름다움과는 무관한 것임'을 발견하게 될 때 우리는 다시 한번 곡선의 형식에 대해 우리 인간의 감성이 만들어놓은 아름다움에 대한 '잠재된 진리'가 실제로는 얼마나 허구적일 수 있나 하는지를 발견하게 될 것이다. 결국 지금까지 곡선이나 곡면에 이미 친숙해진 "아름다움<美>"이 왜 아름다움이 아닐 수 있는가의 반문은 기존의 곡선과 곡면에 대한 우리의 인식체계를 부정하는 것이 아니라 오히려 이를 통해 더욱 확장시켜줄 것이다. 논의의 목적은 상호 부정하는데 있지 않고 그것을 통해 새로운 긍정을 찾는데 있다고 생각해 볼 때 '아름다움<美>'의 기준으로 이미 우리의 인식체계에 깊이 고착된 것을 '생물 개체간의 치열하고도 엄숙한 생존(生存)법칙이 물리적 구조로 작용한 결과'로 환치해봄으로서 거기서 새로운 사실을 발견할 수 있을 것이며 이 새로운 사실의 발견을 통해 우리는 한층 더 발전된 연구의 토대를 마련할 것으로 사료된다.

2. 생존으로서의 곡선(曲線)과 곡면(曲面)

"Frank Lloyd Wright의 건축작품이 사람들에게 호평을 받는 것은 '유기적(有機的/Organic)' 설계 때문"¹⁾이라고 한다면 이 말속에는 '유기적'인 것이 '무기적'인 것보다 생존에 유리하며 하드한 건축물의 겉모습<직선적 이미지> 보다 소프트한 내용에서 유연한 내면의 이미지가 흐르고 있음을 나타낸다고 볼 수 있다. 그래서 그의 건축은 오래 보존되어야 할 -생존되어야 할- 가치가 있는 것으로 사람들에게 인식되어지고 있다. 즉 유기적인 것이 무기적인 것보다 생존에 유리함을 나타내는 증거로 볼 수 있다. 천체의 행성들은 공전주기에 자신을 맞추기 위하여 스스로 자전하며 원형(圓形) -이차원적으로는 원형이나 삼차원적으로는 구형(球形) -이 되는 것이 가장 자신의 존재를 유지하는데 적합하다. 행성을 버티게 해주는 구심력 자체가 이미 구의 중심에서 행성의 표면까지 등거리를 유지하려는 장력(張力/Tension)이므로 장력이 골고루 미치게 하기 위해서는 행성이 구(球)가 아니고서는 스스로의 존재의 지탱을 유지하기 어렵다. 이것은 둥근 것은 아름답다는 사실에 관계없이 다만 지탱을

1) Boblin, C.: Fractal Geometry in Architecture and Design, The Maple Press, 127, (1996).

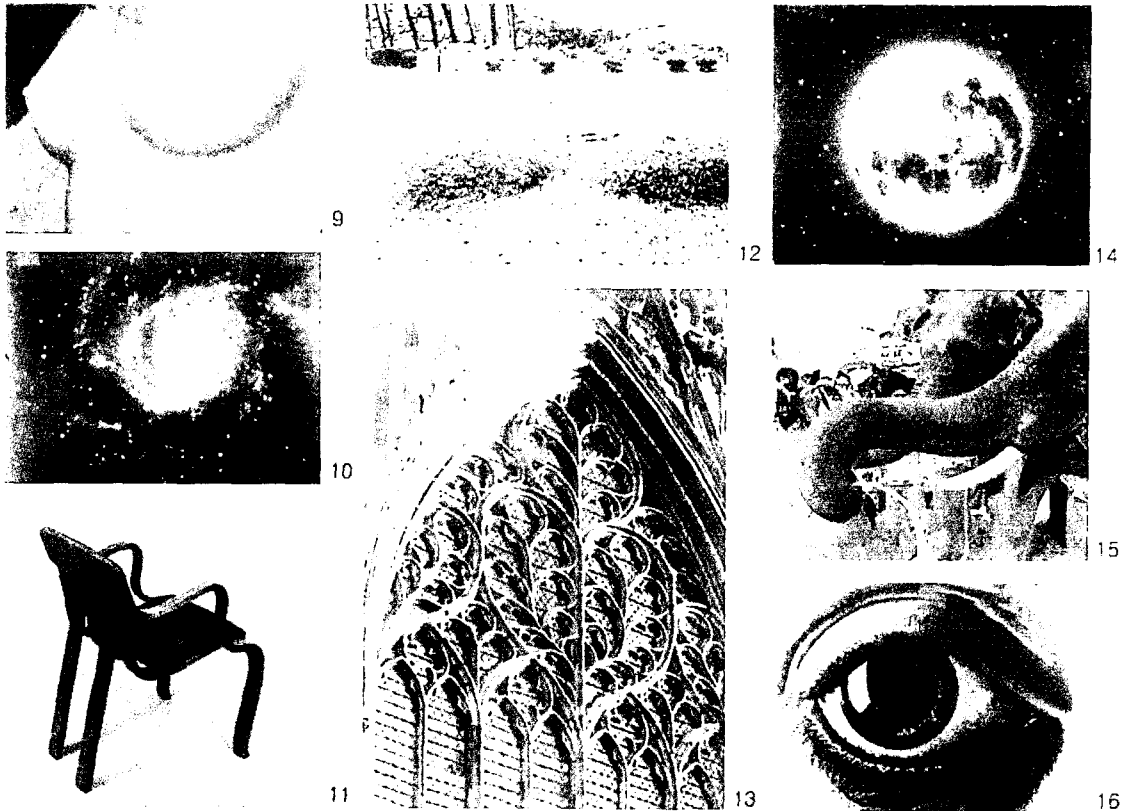


| 구분 | 곡선(曲線)·곡면(曲面)의 이미지 | 직선(直線)·직면(直面)의 이미지 |
|----|--------------------|------------------------|
| 1 | ☆간접적(間接的) | 직접적(直接的) |
| 2 | 탄성(彈性)있는 | 탄성없는 |
| 3 | 여성적 | 남성적 |
| 4 | 감성적(感性的) | 이지적(理智的) |
| 5 | ☆우유부단한 | 결단력 있는 |
| 6 | 느긋한 | 조급한 |
| 7 | ☆교활한 | 교활하지 않은 |
| 8 | ☆복잡한 | 단순한 |
| 9 | 수용적(受容的), 평화적(平和的) | 공격적(攻擊的), 침략적(侵略的) |
| 10 | 상대적 | 절대적 |
| 11 | 먼 | 가까운 |
| 12 | 느린 | 빠른 |
| 13 | 이해하기 어려운 | 이해하기 쉬운 |
| 14 | 지구력 있는 <오래 견디는> | 지구력 없는 <오래 견디지 못하는> |
| 15 | 내포적(內包的) | 외연적(外延的) |
| 16 | 화 잘 안내는 | 화 잘 내는 |

| | | |
|----|------------------|--------------------|
| 17 | 섬세한 -가는 곡선- | 날카로운 -가는 직선- |
| 18 | 힘없는, 연약한 | 힘있는, 강한 |
| 19 | 은유적(隱喻的) | 직유적(直喻的) |
| 20 | 동양적 | 서양적 |
| 21 | 완만한 | 경직된 |
| 22 | 쉽게 부러지지 않는 | 부러지기 쉬운 |
| 23 | 은근한 | 노골적인 |
| 24 | 끈기있는 | 끈기없는 |
| 25 | 비밀의, 폐쇄적(閉鎖的)인 | 열린, 공개적(公開的)인 |
| 26 | 상대적인 | 절대적인 |
| 27 | 부드러운<유연(柔軟)한> | 딱딱한<건고(堅固)한> |
| 28 | ☆비겁한 | 용감한 |
| 29 | ☆거짓된 | 진실된 |
| 30 | 완곡(婉曲)한 | 직설적(直說的) |
| 31 | 긴 | 짧은 |
| 32 | 유기적(有機的/Organic) | 무기적(無機的/Inorganic) |
| 33 | 생존에 유리(有利)한 | 생존에 불리(不利)한 |

<표1>곡선·곡면과 직선·직면의 이미지 비교

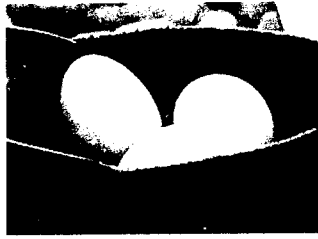
※ 이미지 추출의 근거는 <표2>의 형용사적 의미론(Semantics)에서 참조.



유지하기 위하여 둥글음이 필요한 것뿐이다. 즉 지구가 가진 곡선(曲線)·곡면(曲面)은 바로 지구의 존재유지<生存>에 필요한 수단이라는 사실이다. 그런데 언제부터인가 그러한 수단을 우리는 아름다움으로 해석해 왔다. 구가 가진 곡선·곡면의 '우주적 존재의 법칙'을 우리는 '시각적 미의 법칙'으로 해석해왔던 것이다. 그것은 매우 오래 동안 그렇게 우리의 인식체계에 고착되어져 온 결과이기 때문에 이제 이것을 뒤집어 구(球)가 아름답지 않다고 설명하기란 불가능하다. 지구상의 곡선·곡면 위에 인간이 생존하고부터 지구의 세월동안 거기에 깊은 동화(同化)의 운명을 겪어왔기 때문에 이제 이것을 고정된 인간의 인식체계에서 분리한다는 것은 전혀 불가능하다. 산골짜기, 굴곡이 진 산허리에 웅기종기 걸려있는 마을의 둥근 초가지붕, 물방울을 맞고 방금 피어난 꽃봉오리, 굽이치는 강가, 언덕, 산등성과 봉우리 등등은 시인들에게 작품을 쓰기 위한 풍부한 감성의 소재를 안겨준다. 그러나 그들이 오래 동안 자연의 많은 부분을 노래했지만 결과적으로는 오직 '곡선(曲線)'을 노래한 것에 다름 아님을 알 수 있다. 이와 같이 창조주의 은밀한 창조 의지에 담겨진 곡선은 첫째는 우주행성들에게 존재유지를 위한 필요한 방법이고, 둘째는 신이 준 선물이란 이름으로 생각할 때 행성의 모든 피조물들에게 감성의 아름다움을 안겨준 시각적 기호체계(記號體系)이다.

생명체의 극소단위인 원형질(原形質)은 원형(原形)이 원(圓)이기 때문에 원형질이라고 이름지어졌다. 이 원형의 질은 왜 원형(圓形)이 되어야만 했을까? 생존과 종족보존 그리고 종족을 확산하는 기능을 위하여 효과적으로 원형질이 분리(分離), 수축(收縮)됨이 필요했고 그러기 위하여 기능상 원형(圓形) 말고는 달리 다른 형태를 취할 수가 없었을 것이다. 만일 원형(圓形)이 아니고 다각형(多角形)의 울퉁불퉁한 모양으로 되어있다면 기

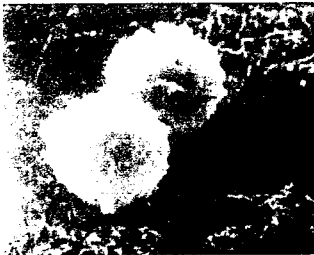
능에서 이동성과 유연성이 떨어져 그것은 당장 생존과 보존기능에 장애가 올 수밖에 없다. 그래서 모든 생존하기 위한 존재들의 모습이 곡선·곡면을 취할 수밖에 없는 운명을 가지게 된다. 이런 점에서 볼 때 소위 우리가 말하는 생명체의 진화(進化)라는 것도 이러한 이동성(移動性)과 유연성(柔軟性)의 효과를 극대화하기 위한 곡선·곡면의 자기변화라고 판단된다. 즉 생존차원에서 곡선·곡면이 가지는 조형언어학적 기호체계는 곧 이동성과 유연성을 위한 운동역학의 구조에 다름 아니라고 볼 수 있다. 그렇다면 우리는 조형언어학은 곧 운동역학이라는 논리<造形言語學=運動力學>의 등식을 인정할 수 있어야만 한다. 사실 이러한 논리는 이 세상의 모든 사물에서 적용될 수 있고 또 그렇게 되어야만 한다. 왜냐하면 신의 창조논리에 의하면 사물이란 그저 아무 목적 없이 만들어지거나 태어난 것이 아니고 그렇게 만들어지거나 태어나서 존재해야할 이유, 즉 생존해야할 이유가 제각각 있기 때문이다. 그런데 여기서 한 가지 발견할 수 있는 것은 그것들의 존재방식에 어떤 일정한 법칙이 있다는 사실이다. 즉 곡선이 생존을 유지하는데는 부력(浮力/Buoyancy), 압력(壓力/Pressure), 장력(張力/Tension), 인력(引力/Gravitation), 유체역학(流體力學/Hydro-dynamics), 수축(收縮/Contraction), 팽창(膨脹/Expansion), 구심력(求心力/Centripetal force), 원심력(遠心力/Centrifugal force), 조임, 확산(擴散/Diffusion), 해체(解體/Dismantlement), 꼬임(Distortion), 이동(移動/Movement), 관성(慣性/Inertia), 탄성(彈性/Elasticity) 등의 물리적 법칙이 엄격히 작용하고 있다는 점이다. 실제로 모든 사물이나 생물에 물리법칙이 적용되지 않고서는 그것들은 이 지구상에 살아 버티며 존재하지 못한다. 생존은 곧 물리법칙이 적용된 사건에 다름 아니며 그런 의미에서 곡선은 다만 이러한 생존을 돕는 방편에 불과하다고 할 수 있다. 인간은 이러한 자기의 생존을 돕는 곡선을 생리적으로 아



17



18



19



20



21



22



23

름다움이라 여기게 되었고 태어날 때부터 먼 인류의 조상들로부터 물려받은 기억인자 속에 그렇게 체득하고 있었던 것이다. 그래서 만일 곡선이 물리법칙에 관계없이 인류의 생존을 돕는데 작용하지 못하였다면 아마 인류는 지금처럼 곡선을 아름다움의 대상으로 여기지 않았을 것이고 기억인자 속에 체득하지도 않았을 것이다. 전혀 인류에 도움이 되지 않는 것을 아름다움이라고 찬탄해야 할 필요가 없었을 것이다. 곡선이 부력에 의하여 뜨게 함으로서 생존에 도움을 주고, 장력에 의하여 표면의 형태를 유지할 수 있게 되고, 압력에 의하여 생명체가 움직일 수 있게 되고, 수축, 팽창에 의하여 존재의 보존을 유지할 수 있게 되고, 탄성에 의하여 충격을 흡수하는 기능으로 위험을 막을 수 있게 된다. 이러한 모든 물리법칙은 오직 곡선의 형태를 취함으로써 가능하며, 이것이 모든 물체와 생명체에 존재의 보존을 유지시켜주는 훌륭한 기능을 하여왔던 것이고 이러한 생존유지의 “기능(機能)”은 아름다움의 “미학(美學)”으로 발전하였음은 매우 당연한 일로 받아들여진다. 다음은 위의 여러 가지 물리법칙이 어떻게 곡선에서 작용하느냐에 대한 구체적 예이다.

2-1. 부력(浮力)의 법칙 : 그림2나 그림4와 같은 운송수단의 곡선은 뜨기 위한 최대한의 부력과 속도를 내기 위한 최대한의 유체역학을 동시에 효과적으로 성취하기 위하여 필요하다.

2-2 압력(壓力)의 법칙 : 그림20의 둥근 잔교(棧橋)는 위에서 누르는 압력이 적당히 작용하면 할수록 더욱 튼튼하게 조여져 다리로서의 생존을 유지하는데 효과적이다. 그림15의 코끼리는 코에 압력을 강하게 넣어야만 물건을 들어올릴 수 있고 그래야만 코끼리는 생존할 수 있다. 그림5의 돔(Dome)형 지붕도 여기에 해당하는 것으로 천장의 무게가 누르는 압력을 도움형으로 분산시킴으로서 건물의 벽과 기둥의 역할을 동시에 하고 있다. 미국의 건축가 Buckminster Fuller는 그의 작품에

서 매우 창의적 도움형 지붕을 제시하고 있는데 여기서 그는 6각의 유니트 형태를 조합하여 지붕 전체가 압력을 견디게 하였다.

2-3. 관성(慣性)의 법칙 : 그림 6과 같이 Roller Coaster Rail은 관성의 법칙을 효과적으로 이용하기 위하여 미리 치밀히 계획된 곡적(曲跡)을 필요로 한다.

2-4. 장력(張力)의 법칙 : “아르누보의 건축이나 가구의 곡선에서 우리는 장식(Ornament)과 구조(Structure)간에, 또는 형태(Form)와 기능(Function)간에 ‘장력(張力/Tension)’을 느낀다”라고 Hardy는 설명하고 있다. 이와 같은 장력은 그림13이나 그림 23에서 잘 나타나있는데 모두가 형태의 지속적 유지를 위해서임을 알 수 있다. 그리고 또 다른 장력은 표면장력(表面張力)이며 이것은 물방울의 표면이 가지는 곡선형태에서 찾을 수 있다. 즉 형태유지를 위한 표면의 장력은 그림9의 팽팽한 가슴의 곡면에서 찾을 수 있는데 이것 역시 가슴의 형태를 유지하기 위한 피부의 장력을 보여주고 있다.

2-5. 수축(收縮)의 법칙 : 그림24의 뱀의 곡선은 최대한 몸을 수축시킴으로서 적의 공격으로부터의 위험을 방지해 줄뿐만 아니라 또 상대를 공격할 때에는 예비자세로 주의를 기울이는 기민한 자세로 필요하다. 뿐만 아니라 최대한의 수축은 추위로부터 체온을 보존시켜준다. 이와 같이 뱀과 같은 몸체가 긴 파충류에게 있어 곡선은 생존에 필수적이다.

2-6. 이동(移動)의 법칙 : 그림17과 같은 달걀이 가지는 곡선은 어미 닭이 달걀을 품을 때 체온을 달걀내부에 골고루 보내기 위해 어미의 날개 안에서 잘 굴러 이동시켜야만 한다. 즉 달걀의 곡선은 어미의 자궁에서부터 밖으로 잘 이동되어 나오기 위하여서도 필요하지만 잘 부화를 하기 위하여서도 필요하다. 물

2) Hardy, W., Art Nouveau, Magna Books, 50, (1992).



른 여기에는 깨어지게 되지 않기 위한 장력의 법칙이 동시에 작용한다. 그리고 그림1과 같은 미꾸라지의 곡선은 효과적인 이동을 위하여 필수적이다. 또 그림30은 가장 완벽한 이동은 가장 완벽한 곡선인 정원(正圓)으로서 가능함을 보여주는 예이다. 그림16은 역시 이동의 법칙을 보여주는 예로서 눈 안에서 안구가 곡면상태로 잘 굴러야만 그는 사물을 잘 판단할 수 있고 살아남을 수 있다. 그림31은 역시 이동의 법칙을 보여주는 곡선의 예로서 종의 소리는 곡선진 파장과 리듬을 따라 멀리 이동하여야만 소리가 죽지 않고 존속된다. 종은 형태에서부터 곡선·곡면으로 되어야만 하고 그러한 곡선의 형태에서 소리의 파장과 리듬도 곡선지게 멀리 전달된다. 그림18은 곡선의 자유로운 흐름<이동>으로서 끊이지 않고 영원히 존속하는 곡선의 이동을 나타낸다.

2-7. 조임·꼬임(Distortion)의 법칙 : 그림13의 창틀에서 볼 수 있는 곡선들의 문양은 이것들이 서로 엮어 조여짐으로서 창문의 형을 튼튼하게 유지시켜 준다. 창이 오래 보존<생존>을 위하여 곡선으로 조여짐은 필수적이다. 그림23에서 보는 아르누보의 가구 역시 가구를 형성하는 각 부분들이 조이고 꼬임으로서 가구의 내구성을 역학적으로 살리고 있다. 역시 그림8은 머리칼을 묶은 곡선의 모습으로서 이러한 머리의 형태를 오래 간직하기 위하여서는 머리칼의 조임과 꼬임이 적절히 섞여져 이루어진 곡선이 필수적이다. 그림11의 의자가 튼튼해지기 위하여서는 각 부분들이 곡선으로 적절히 조여지고 꼬여짐으로서 가능하다. 새끼줄도 곡선지게 꼬임으로서 형태의 유지가 가능하다.

2-8. 구심력(求心力)의 법칙 : 새로운 별이 생성될 때 주변의 가스와 운석 덩어리들이 한데로 회오리치며 뭉쳐진다. 즉 구심력이 나선의 곡선형태로 작용하며 별은 태어나고 생존한다. 그림10은 이를 나타내는 예이다. 그림14는 지구의 생존을 위해

필요한 가장 완벽한 형태인 땅의 구<地球>로서 구심력, 장력, 관성의 법칙을 동시에 갖춘 모습이다. 그림19는 세포분자의 한 모습으로 분자의 형태를 유지하기 위하여 둥근 원형의 곡면으로 구심력과 장력에 의해 이루어진 모습이다. 우주천체의 모습이나 극 미세한 분자의 모습이나 꼭 같이 장력과 구심력이 작용하면서 형태를 유지하고 있음을 살펴볼 수 있다. 이는 모두 곡선과 곡면에 의해서만이 가능한 것이다. 아주 신비한 자연의 세계에서.

2-9. 해체(解體)의 법칙 : 때에 따라 직선과 직면으로 대하거나 부딪치는 것보다 곡선과 곡면으로 대하거나 부딪힐 때 충격을 빗겨서 완화하거나 해체해주는 경우가 있다. 그림 28은 위협으로부터 구해주시기를 바라며 소리를 지르기 위하여 버티칼 블라인드의 수직상태를 해체하고 이를 곡선으로 바꿈으로서 생존을 하려고 하였다. 그림29도 해체의 법칙에 해당하는 것으로서 거북의 등에 물건<비나 우박>이 떨어지거나 공격을 당할 경우 이를 정면으로 맞지 않고 경사지게 비껴가게 함으로서 충격을 완화하거나 해체할 수 있는 기능을 가진다. 마찬가지로 그림12의 무덤의 봉(峰)도 해체의 법칙에 해당하는 것으로 볼 수 있는데 무덤에 비가 올 경우 비를 무덤의 봉으로부터 빗겨가게 함으로서 물기를 해체할 수 있다.

2-10. 확산(擴散)의 법칙 : 그림21은 거미줄의 모습으로 줄을 원의 형태로 최대한 확산되게 지어야만 먹이를 잡을 수 있는 모습을 보여준다. 즉 거미에게 있어 직선의 짐은 있을 수 없고 곡선의 짐만이 그의 생존에 필수적임을 알 수 있다. 그림31도 확산의 법칙에 해당하는 것으로서 소리가 멀리 퍼져나가기 위한 확산을 위하여 종의 모습은 둥글게 곡선·곡면으로 되어질 수밖에 없다.

2-11. 탄성(彈性)의 법칙 : 그림27은 여성의 엉덩이부분과 가슴의 잘 발달된 곡선의 탄성을 보여주는 것으로 인류의 생산과

종족유지를 위하여 이는 필수적이다. 물론 그림1과 그림24 역시 생존을 위한 탄성의 법칙을 보여주는 것으로서 이들의 모양은 곡선으로 되어야만 탄성이 있어 이동하며 살아남는데 유리하다. 이러한 탄성의 법칙은 생명체뿐만이 아니라 그림25의 소반(小盤)과 같은 생명체가 아닌 사물에도 해당된다. 소반 역시 천판(天板)에 다리의 역할을 하고있는 운각(雲刻)이 곡선의 형태로 붙어야만 외부의 충격을 흡수하여 탄성이 생기고 오래 사용할 수 있게 된다.

2-12. 원심력(遠心力)의 법칙 : 줄에 물체를 달아 멀리던지기를 할 때 선수는 가급적 줄을 빙빙 몸으로부터 멀리 돌려 회전 중심에서 멀어지려는 원심력을 이용한다. 여기에 직선이란 있을 수 없다. 곡선만이 그것도 가장 정원으로 곡선진 모양만이 가장 효과적이다.

2-13. 음·양(陰·陽)의 법칙 : 그림26의 음과 양의 태극형태는 균등한 곡선으로 이루어진다. 직선 상태로서는 음과 양의 결합이 이루어질 수 없다. 모든 존재하는 사물의 음과 양은 이러한 균등한 곡선으로서만이 결합과 조화가 가능하고 존속을 유지할 수 있다. 실제로 모든 생물체의 생식기는 음과 양의 원활한 교접을 위하여 균등한 곡선으로 이루어져있음을 발견할 수 있다.

2-14. 인력(引力)의 법칙 : 강물이나 냇물이 곡선지게 흐르는 것은 산기슭과 골을 타고 물이 인력의 법칙에 따라 흐름을 나타낸 것이다. 인력의 법칙이 작용하지 않으면 물은 높은 데서 낮은 데로 흐르지 않을 것이고 그렇게 되면 물이 곡선지게 흐르는 것도 멈추게 된다. 인력은 자연에서 가장 확실한 곡선의 생존법칙을 보여주는 예이다.

2-15. 유체역학(流體力學)의 법칙 : 그림22는 바람이 많은 지역에 있는 농가의 초가지붕으로서 바람에 지붕이 날려가지 않도록 바람의 흐름을 유체역학적으로 담과 함께 낮게 올린 모습이다. 그림1의 미꾸라지, 그림2, 4, 7에서 보이는 운송수단도 유체 <바람>을 이용한 기류상승을 역학적으로 해결한 방법을 보여준다. 이외에도 곡선과 곡면으로 이루어진 움직이는 물체 <動物>들은 모두가 유체역학의 법칙에 적용된다.

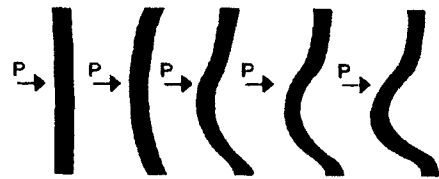
이상으로 여러 가지 곡선으로 이루어진 물리적 내용들을 살펴보았다. 물론 이것은 앞에서 설명하였듯이 형태를 구성하는 큰 틀에서 보면 존재계의 서로가 생존을 위해 내부에너지와 외부스트레스간의 균형을 가장 경제적으로 유지한 것이다. 그러나 이것을 보다 자세히 분석해보면 위와 같이 여러 가지 물리적 구조내용으로 이루어져 있음을 살펴볼 수 있다. 그리고 여기서 보다 자세히 관찰해보면 이러한 내용들은 어느 하나의 법칙에만 해당되지 않음도 알 수 있다. 2-1-14의 곡선진 강물에는 인력의 법칙만 있는 것이 아니고 물 자체가 갖는 장력의 법칙도 있으며 유체역학의 법칙도 있다. 아메바(Amoeba)는 수축, 팽창, 확산, 꼬임, 이동의 곡선운동을 동시에 가장 강력하게 하는 원생동물이며 그래서 아메바의 곡선운동은 가장 강력한 생존을 보여주는 한 표본으로 인식된다. 다만 확실한 것은 존재계에는 관념적(觀念的)인 직선의 법칙보다는 실제적(實在的)인 곡선의 법칙이 대부분 적용되고 있다는 사실이다.

3. 곡선(曲線)·곡면(曲面)의 역학구조

위의 이러한 물리법칙을 충족시키기 위하여 곡선·곡면의 구체적인 역학구조를 살피는 것이 중요하다. 왜냐하면 역학구조의 증명으로서만이 우리는 곡선·곡면이 어떻게 형태를 유지할 수

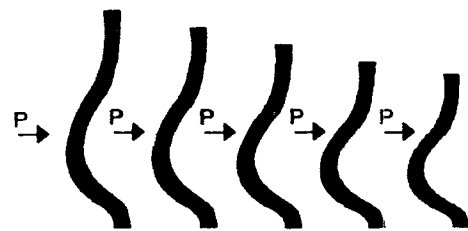
있느냐를 알 수 있기 때문이다. 곡선·곡면이 표면을 유지하는데는 다음과 같이 곡률, 길이, 두께 등에 대한 역학구조의 함수방정식을 만들어 낼 수 있다.

3-1. 곡률(曲率/Curvature)의 역학구조 : 여기서 곡률이란 곡선과 곡면의 굽은 비율을 말한다. 우선 재료에 대한 곡선·곡면의 곡률은 다음과 같은 함수방정식을 취할 수 있다. 즉, “동일 재료의 강도는 곡률의 크기에 정비례(正比例)한다.” 여기서 재료의 강도를 P, 곡률을 C라 할 때 $P=C/1$ 이란 함수관계식이 성립된다. 즉 재료의 두께가 같을 경우 곡률이 큰 재료는 곡률이 작은 것보다 강도가 강하다는 사실이다. 이것은 다음 그림 32에서 살펴볼 수 있다.



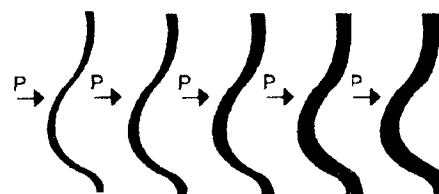
<그림32> 강도 약함 → 강함

3-2 길이(Length)의 역학구조 : 곡선이나 곡면을 형성하는 재료는 길이가 길수록 강도가 약하고 탄성이 높아진다. 이것을 바꾸어 말하면, “동일 재료의 강도는 길이에 반비례(反比例)한다.” 고 할 수 있다. 여기서 재료의 강도를 P, 재료의 길이를 L이라 한다면 $P \cdot L=1$ 이란 함수관계식이 성립된다. 아래 그림33은 재료의 두께가 같을 경우 길이가 길수록 강도가 약하고 탄성은 높아지는 것을 보여준다.



<그림33> 강도 약함 → 강함

3-3. 두께(Thickness)의 역학구조 : 곡선이나 곡면을 형성하는 재료의 두께는 두꺼울수록 강도가 강해진다. 이것을 바꾸어 말하면, “동일 재료의 강도는 두께에 정비례(正比例)한다.” 여기서 재료의 강도를 P, 두께를 T라 한다면 $P=T/1$ 이란 함수관계식이 성립된다. 아래 그림34는 재료의 길이가 같을 경우 두께가 두꺼울수록 강도가 높음을 보여준다.



<그림34> 강도 약함 → 강함

위의 함수관계식들을 요약하면

“동일 재료의 강도(Power)는

첫째, 곡률(Curvature)의 크기에 정비례하고,

둘째, 길이(Length)에 반비례하고,

셋째, 두께(Thickness)에 정비례한다.” 그리고 이러한 비례법칙을 하나로 공식화하면 $P = C \cdot T/L$ 이란 함수관계식이 성립하게 된다. 그러므로 이러한 함수관계식을 곡선·곡면의 물건을 만들 때 적용한다면 불필요한 재료의 낭비와 손실을 줄이게 된다.

4. 곡선·곡면의 의미론적(意味論的/Semantic)적 분석

곡선·곡면을 의미론적으로 분석함으로써 우리는 왜 그것이 생존에 유리한지를 알게 된다. 다음은 곡선·곡면의 이미지를 나열하고 형용사의 어의적(語義的) 분석에서 곡선·곡면이 생존에 유리함을 제시해 보았다. <표2>에서 ☆표 부분인 구분1, 5, 7, 8, 28, 29의 ‘간접적’, ‘우유부단한’, ‘교활한’, ‘복잡한’, ‘비접한’, ‘거짓된’은 곡선·곡면의 감성에 긍정적이지 않은 판단을 나타내 보여주고 있다. 그러나 생존을 위해서라면 그것은 감성의 긍정과 부정의 판단에 영향받지 않고 초월한다. 동물학자의 관찰에 의하면 잘 날지 못하는 새끼들과 같이 있는 꿩이 여우의 공격을 당하면 여우를 들판으로 유인하여 날개를 퍼덕거리고 발을 절며 날 수 없는 흉내를 낸다. 꿩이 상처 입어 날 수 없는 것으로 판단한 여우는 꿩에게 가까이 다가가 덮치려 하지만 꿩은 재빨리 하늘을 솟아오르고 그 사이 새끼 꿩들은 어미와 함께 안전한 곳으로 피신한다. 여우의 입장에서 꿩은 교활하게, 복잡하게, 비접하게, 거짓되게 행동하였음이 분명하다. 어떤 존재들에게도 생존을 위하여 그것은 당연한 행동일 수밖에 없다. 생존을 위하여 긍정과 부정을 초월하는 이러한 이미지는

| 구분 | 곡선(曲線)·곡면(曲面)의 이미지 | 형용사적 의미론(Semantics) -생존으로서의 법칙- |
|----|-----------------------|--|
| 1 | ☆간접적(間接的) | 직접적으로 대항하면 살아남기 어렵다. 간접적인 것이 생존에 유리하다. |
| 2 | 탄성(彈性)있는 | 탄성 있는 것은 오래 간다 |
| 3 | 여성적 | 여성은 오래 산다 |
| 4 | 감성적(感性的) | 이지적으로 냉철한 것보다 감성적으로 풍부한 것이 오래 생존한다. |
| 5 | ☆우유부단한 | 때로 우유부단한 보류가 그렇지 않은 것보다 생존에 유리하다 |
| 6 | 느긋한 | 느긋한 것이 조급한 것보다 생존에 낫다 |
| 7 | ☆교활한 | 생존을 위해서라면 때로 여우처럼 교활해질 필요가 있다. |
| 8 | ☆복잡한 | 생존을 위해서라면 때로 복잡한 술수로 상대방을 쓰러뜨려야 한다. |
| 9 | 수용적(受容的), 평화적(平和的) | 공격과 침략보다는 수용과 평가가 생존에 낫다 |
| 10 | 상대적 | 절대적인 것은 오래 가지 못한다 |
| 11 | 먼 | 멀고 먼 인생행로는 오래 생존했다는 증거다 |
| 12 | 느린 | 느리게 흐르는 물이 강에 오래 머문다 |

| | | |
|----|--------------------|------------------------------------|
| 13 | 이해하기 어려운 | 이해하기 어려운 설명은 거짓말이 탄로 안 나 살아남을 수 있다 |
| 14 | 지구력 있는 <오래 견디는> | 지구력이 있어야 살아 남는다 |
| 15 | 내포적(內包的) | 외연적인 것보다 내포적인 것이 생존에 유리하다 |
| 16 | 화 잘 안내는 | 화 잘 안내는 것이 화 잘 내는 것보다 오래 산다 |
| 17 | 섬세한 -가는 곡선- | 섬세한 가는 곡선이 날카로운 가는 직선보다 오래 견디다 |
| 18 | 힘없는, 연약한 | 힘없는 연약한 여인이 힘있는 강한 남자보다 오래 산다 |
| 19 | 은유적(隱喻的) | 은유적인 방법이 직유적인 방법보다 생존에 낫다 |
| 20 | 동양적 | 동양적 평화사상이 서양적 침략사상보다 상호생존에 낫다 |
| 21 | 완만한 | 완만한 것이 경직된 것보다 오래 버틴다 |
| 22 | 부러지지 않는 | 부러지지 않으면 오래 견디다 |
| 23 | 은근한 | 은근한 참음성은 노골적인 화냄보다 오래 생존한다 |
| 24 | 끈기있는 | 오래 생존하기 위해서는 끈기가 있어야 한다 |
| 25 | 비밀의, 폐쇄적(閉鎖的)인 | 비밀을 잘 지켜야 생존할 수 있다 |
| 26 | 상대적인 | 절대적인 것보다 상대적인 것이 생존에 유리하다 |
| 27 | 부드러운<유연한> > | 부드러운 것이 딱딱한 것보다 오래 간다 |
| 28 | ☆비접한 | 생존<복숨>을 위하여 때로 비접해지기도 해야한다 |
| 29 | ☆거짓된 | 생존<복숨>을 위하여 때로 거짓된 행동도 할 수 있다 |
| 30 | 완곡(婉曲)한 | 직설적인 표현보다 완곡한 표현이 생존에 낫다 |
| 31 | 긴 | 긴 것이 짧은 것보다 오래 간다 |
| 32 | 유기적(有機的)인 | 유기적인 것이 무기적인 것보다 오래 산다 |
| 33 | 그래서 이 모든 곡선·곡면 | 진 것은 다 생존에 유리하고 필요하다 |

<표2> 곡선·곡면의 의미론적 분석

한국의 고대 민초들의 생활상에도 잘 나타난다. 그들에게는 물건 만들면서 한가롭게 곡선미를 논할 형편이 아니었다. 그들에게 물자는 귀했고 오래 사용해야 했다. 그래서 오래 사용하기 위해서 곡선과 곡면이 이용되었다. 부딪침 시 탄성이 생기고 충격을 스프링처럼 흡수하는 역학구조의 곡선과 곡면은 순전히 이러한 실용적 기능을 달성하기 위해서라고 해야함이 더 옳을 것이다. 물자가 귀한 시절 그렇게 해야만 그들의 생존은 보장될 수 있었다. 예로서 한국의 역사에서 내내 왕조 세우기에 민초들의 동원, 몽고·거란·왜국 등에 의한 외세의 침략, 갖가지 사화로 인한 폐족음, 하루도 마음 편할 수 없는 관가와 양반들의 착취는 풀뿌리 인생들로 하여금 한 곳에 앉아 한가히 곡선

의 예술과 아름다움을 논할 수 있는 형편이 못되게 하였다. 옛 우리 할머니들의 고쟁이가 앓을 때 밑이 잘 구겨지며 -곡선지며- 타졌던 이유는 잦은 외침 때 성질 급한 오랑캐에게 죽음을 당하는 것보다 빨리 고쟁이가 구겨져서 자신을 보호하는 것이 생존에 유익했기 때문으로 구전되고 있음은 그 한 예이다. 서민에게 잘 구겨지는 곡선진 옷이 편했던 이유는 일할 때 작업능률을 높이기 위해서였고 그것은 능률이 떨어지면 생존에 불리했으므로 옷에서 될수록 험렁한 곡선이 요구된다. 동양에서 규격진 트렁크보다 보자기인 이유는 양의 많고 적음에 관계없이 상황에 따라 빨리 답을 수 있는 기능을 갖추어야만 하는 까닭이다. 즉 잘 구겨지는 -곡선지는- 보자기가 빨리 많은 양을 답을 수 있어서 생존에 유익하였다. 이렇게 곡선은 기본적으로 생존의 대상이었지 처음부터 아름다움의 대상이 아니라고 판단된다. 이것은 위 그림25의 소반(小盤)에서도 잘 나타난다. “천판(天板)과 다리의 연결역할을 하고있는 운각(雲刻)은 구름문양의 장식조각이지만 전체적으로 보면 둥근 곡선의 형태를 취함으로써 외부의 충격을 흡수하는 역할을 하고 있다. 그리고 곡선으로 된 중대(中臺)는 운각의 아래에서 양쪽 다리 부분으로부터 오는 외부충격을 스프링처럼 흡수하여 잦은 부딪침에도 불구하고 튼튼하고 오래가는 기능을 갖도록 설계되었다.”³⁾ 즉 소반을 이루는 곡선이 아름다움이나 장식이기도 하겠지만 물리적 탄성(彈性) 그 자체에 더 큰 의미가 있음을 발견할 수 있다. 실제로 소반이란 식사 때마다 하루에도 몇 번이든지 들고 방과 부엌을 자주 이동함으로 인한 부딪힘의 가능성이 많은 물건이고 보면 그러한 운각의 곡선장식은 외부충격을 효과적으로 흡수하기 위한 수단임이 발견된다.

5. 결론

물론 곡선이 전혀 생존기능을 위해서만 있다고 말할 수는 없다. 곡선이 물리적 과학에서는 생존이지만 시각적 예술에서는 늘 아름다움으로 존재하고있기 때문이다. 본고에서 의미하는 것은 평소에 우리가 시각적 아름다움의 대상으로만 크게 비중을 두고 여겨온 곡선과 곡면이 사실은 원래 생명체의 생존을 위한 방편이었음에 보다 큰 발견의 의미를 두면서 우리가 제작하고자 하는 물건들에 이러한 곡선과 곡면의 본질적 기능을 과학적으로 부여함으로써 보다 더 확실한 본질에 다가가는 - 더욱 아름답고 더욱 생존의 가치가 있는 - 부과효과를 가져올 수 있기 때문이다. 본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 곡선이 시각예술에 있어서는 아름다움으로 인식되지만 물리적 역학구조에서는 “생물개체간의 치열하고도 엄숙한 생존법칙의 작용결과”로 해석된다. 그러므로 곡선을 이용한 가장 완벽한 디자인은 이러한 역학구조의 법칙을 충실히 따를 때 얻게 된다.

둘째, 가장 강렬한 곡선은 가장 강렬한 생존(生存)이라는 사실의 발견이다. 이것은 반대로 가장 허약한 곡선은 가장 허약한 생존을 뜻하기도 한다. 예로서 그림1의 미꾸라지의 허약한 몸놀림이 주는 곡선은 허약한 생존일 수밖에 없으며 그것은 적으로부터의 공격과 그로 인한 죽음을 의미한다. 디자인의 경우 가장 강렬한 곡선은 가장 큰 아름다움이며 가장 큰 생동감이며 동시에 가장 오래 작품으로 감상된다<생존된다>.

셋째, $P = C \cdot T/L$ (강도P, 곡률C, 두께T, 길이L)이란 곡선·곡면의 경제학이 성립하며 만일 이러한 함수관계식을 모든 곡선을 구성하는 물건의 제작에 과학적으로 응용한다면 많은 자원을 절감하고 낭비를 막게 된다.

넷째, 우리나라<동양>의 경우 특히 곡선·곡면의 이미지는 전통생활양식에 깊숙이 배태되어있다. 소반과 같은 주방생활용품(廚房生活用品), 산과 강의 굴곡진 모습에서 보는 자연환경(自然環境), 곡선의 한복(韓服), 둥근 초가지붕의 주택(住宅), 민요에 나타나는 곡선진 음계(音階)의 흐름, 은유적인 말과 직설적이지 않은 완곡한 표현의 문학(文學) 등 모든 분야에서 곡선의 이미지는 자연스럽게 용해되어있음을 발견하게 된다. 이것은 우리나라만의 독특한 토착환경에서 비롯된 생존의지의 결과이다.

다섯째, 곡선·곡면의 연구목적은 최종적으로 보다 나은 디자인의 개발과 응용에 있다고 할 수 있다. 그러므로 각 나라마다 서로 다른 곡선·곡면의 독특한 특성과 양식을 위와 같은 물리적 구조에서 재해석하고 체계화하면 그 나라의 토착문화에 적합한 디자인을 경제적으로 최적화하는데 활용할 수 있다.

참고문헌

- American Artist, 9, 2001.
- Auto and Design, No.128, 2001.
- Boblin, C. : Fractal Geometry in Architecture and Design, The Maple Press, 1996.
- Communication Arts, No.3, 2001.
- Graphis, No.9, 2001.
- Hardy, W. : Art Nouveau, Magna Books. 1992.
- I. D., Vol.48, 2001.
- John, W. : Anatomical Record, 2001.
- Marie Claire, Vol.588, 2001.
- Metalsmith, Vol.21, No.3, 2001.
- Overy, P. : De Stijl, Thames and Hudson, London, 1991.
- Step by Step, Vol.17, No.4, 2001.
- 박규현, 곡선의 역학구조와 응용의 분석연구, 디자인학연구집, 5권 2호, 1999.
- 연합뉴스 : 연합뉴스포토저널, No.3, 2001.
- (주)두비 : wldh, No.1-2, 2001.
- (주)베스트 홈 : 쿠겐, No.11, 2001.
- (주)와스코 : 항공, No.10, 2001.
- 천운우주기획 : 별과 우주, 5-7호, 2001.

※ · 표시의 참고문헌은 모두 본문의 <그림>자료에 사용된 참고문헌임.