

## 피카소와 상대성 이론 - 과학과 예술의 영재성 -

김제완(과학문화진흥회 / 서울대)

### 프롤로그

그 옛날 희랍시대에는 예술과 기술을 합쳐서 한 단어인 “아르스”라 했다고 한다. 그 당시 기술은 과학을 말한 것이고 보니 아트(Arts)와 사이언스(Science)는 아르스의 첫 글자와 끝 글자가 진화한 것이라 할 수 있겠다. 기하학의 시조인 유클리드와 인문학의 고전적 인물로 꼽히는 플라톤 같은 사람들 역시 그 나름대로 이 세상을 보는 눈이 그렇게 다르지 않았다. 특히 플라톤의 ‘대화’에서 나타나는 동굴속 사람이 동굴 속에 비치는 그림자를 실체로 알고 판단 한다는 대목은 물리학에서도 비슷한 이야기가 통용한다(그림 1 참조).

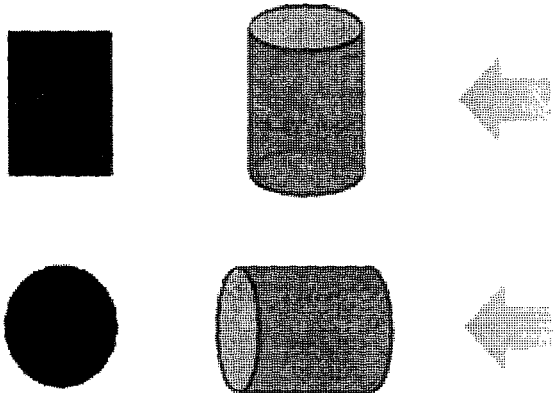


그림 1

우리는 4차원 세상의 그림자인 3차원의 사영을 보고 시간과 공간을 판단하고 있다. 요즘 유행하는 ‘다면세계(Brane World)’ 이론에 의하면 우리는 홀로 그래픽(Holographic) 한 세상에 살고 있다는 그림자 세계를 주장하는 과학단이 설득력을 얻어가고 있다.

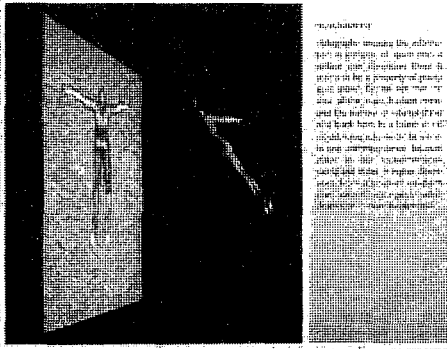


그림 2

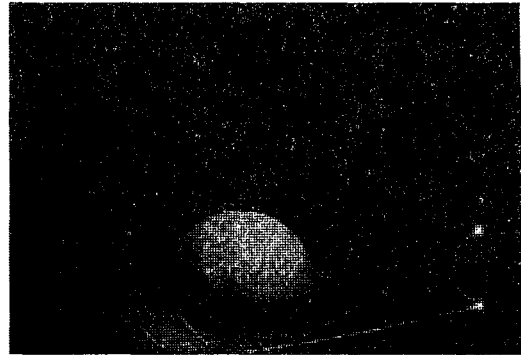


그림 3

## 김 변호사의 꿈

아인슈타인의 시공을 이해하기란 과학자들도 쉬운 일이 아니다. 그러나 우리들의 의식자체에 커다란 변화를 가지고 오는 일이기에 좀 더 피부에 닿는 설명을 통해 이해할 필요할 것 같다. 전해 오는 말에 의하면 아인슈타인 본인도 특수 상대성이론에 대한 생각의 실마리는 꿈같은 공상에서 시작했다고 한다. 우리들이 어떤 일이 일어나는 그 순간을 현재라고 한다. 자동차 사고가 나는 그 순간 부딪치는 두 자동차의 영상을 <빛>이란 전달자가 우리들에게 전한다. 자동차가 부딪치는 그 순간의 영상이 마치 고속필름에 담긴 사진처럼 우리들의 눈에 전달되고 그 영상은 그 순간 즉 엄격히 말하는 <현재>를 지나면 영영 사라지고 만다. 그 사고를 그때부터 우리들은 과거라고 치부하며 자동차 사고가 <일어났었다>라는 과거형을 쓰게 된다. 우리들의 의식 속의 현재라는 순간순간이 영화 필름의 한 컷처럼 연결되어 과거에서 현재로 이어져 미래로 흘러가는 그 한 토막의 영상이라고도 할 수 있다.

소년 아인슈타인은 말이 없는 아이로서 곧잘 사색에 잠기곤 했었다. 그는 어느 날 이런 생각에 잠기었다. 만약에 누군가가 점점 빨리 움직이기 시작하여 드디어 빛의 속도로 움직인다고 하자. 그렇게 되면 그는 사고가 난 자동차가 서로 충돌하는 그 순간의 영상을 지닌 빛과 함께 움직일 수 있을 것이다. 따라서 순간의 영상과 항상 함께 하므로써 그 세계는 현재만이 있고 과거나 미래는 인지하지 못하는 그런 세상이 될 것이다. 다시 말해서(그림 4 참조) 그 세계는 영원한 현재만 존재하지 과거와 미래는 없다. 상대성이론이 뜻하는 바 역시 이와 별로 다를 게 없다. 빛의 속도로 움직일 때 상대성이론에 의하면 시간이 흐르지 않기에 마치 비디오를 돌리다가 정지화면을 보는 것처럼 영상이 정지하게 될 것이다. 이러한 장면을 공상 속에서 그린 책이 있다. 우주의 기원을 대폭발 또는 '빅뱅' Big Bang으로 표현한 그의 이론으로 유명해진 조지 가모브`George Gamov의 저서 『이상한 나라의 톰킨스씨`Mr. Tomkins in Wonderland』의 한 장

면을 한국화 하여 <김 변호사의 꿈>으로 소개해 볼까 한다.

평소 과학에 관심이 있는 <김 변호사>는 서울대학교가 일반인을 상대로 하는 과학 교양강좌에 참석해보기로 마음먹었다. 토요일 오후 박물관의 아담한 강의실에서 열리는 이 모임은 그런대로 정평이 있는 강좌이기에 좀 들뜬 기분으로 기대에 차서 참석했다. 그 날은 과학문화진흥회 회장이면서 서울대학교 물리학과 김 교수가 아인슈타인의 상대성이론에 대해서 강의하는 날이었다. 거의 꼭찬 강의실에 들어서니 키가 작은 김 교수가 막 강의를 시작하고 있었다. 그는 우리들이 감각적으로 느끼는 뉴턴적인 시간과 공간에 대한 이야기로부터 시작하여 미국과학자 마이켈슨과 물리의 실험에 의하면 빛의 속도는 관측자의 운동에 관계없이 일정하다는 이야기로부터 시간과 공간이 따로 있는 것이 아니라 그들은 서로 뒤엉켜있는 <시공>의 개념을 이야기하기 시작했다. 그는 시간이 운동하는 체계의 속도에 따라 길어지고 또한 물체는 운동방향에 따라 수축한다는 설명을 열을 올리면서 설명했다.

그의 이야기는 대충 다음과 같다.

움직이는 기차 위에서 빛을 신호로 하여 빛이 기차의 천장에 부쳐놓은 거울에서 반사되어 돌아오는 시간을 시간의 단위로 정했다고 하자. 그 시간은 기차의 높이의 두 배(왕복하므로) 거리를 빛이 간 시간이 되겠다. 그런데 기차밖에 서있는 아인슈타인이 봤을 때 기차가 움직이고 있으므로 빛은 기차의 높이의 두 배만 가는 것이 아니라 기차가 움직이기 때문에 생기는 거리를 더 가야한다. 그럼에서 빗금으로 되어 있는 경로를 따라 더 많은 거리를 간다. 그런데 <마이켈슨과 물리>의 실험에 의하면 빛을 발사하는 물체가 움직여도 빛의 속도는 변하지 않고 일정하므로 더 긴 거리를 똑같은 속도로 운동하면 더 긴 시간이 걸린다. 다시 말해서 빛의 왕복에 걸리는 시간은 기차 위에서 관측한 시간보다 기차 밖에서 볼 때 더 길어진다. 즉 시간이 느리게 간다는 결론을 얻게 될 것이다. 그러나 만약에 빛의 속도도 보통 다른 물체의 속도와 같이 움직이는 물체에서 발사되면 그 물체의 속도만큼 빛의 속도가 빨라진다면 물체의 기차 밖에서 볼 때, 더 긴 거리를 가지만 그만큼 더 빠른 속도로 빛이 움직이기 때문에 걸리는 시간은 같아진다는 결론을 얻을 것이다. 시간이, 움직이는 기차 위와 정지해 있는 사람에게서는 서로 다르다는 것은 빛의 속도가 그 빛을 발사하는 물체의 운동과는 관계없이 일정하다는 마이켈슨과 물리의 실험결과를 받아들임으로써 생기는 필연적인 결론인 것이다. 그러나 과학은 관측된 실험적인 사실을 받아들여서 이를 토대로 이론을 전개하는 학문이기 때문에 마이켈슨과 물리의 실험을 배제할 수 없다. 많은 사람들이 마이켈슨과 물리의 실험을 같은 방법과 다른 방법으로 되풀이했지만 그 결과가 옳다는 것을 확인했고 <빛의 속도>는 일정하다는 것을 받아들여야 한다는 결론에 도달하게 되었다.

어떻게 말하면 우리는 빛의 속도가 30만km/초 인 우주에 살고 있고 이런 사실은 우리 모두가 받아들여야 한다. 이 사실이 진실이라면 움직이는 좌표계(또는 체

계)와 정지해 있는 체계에서는 시간이 서로 다르게 흐른다는 것이 진실임을 인정하지 않을 수 없다.

골치 아픈 설명이 지루하기도 하고 잘 이해가 되지도 않아서 참을 수 있는 한계선을 넘어 집중력이 없어서 어느덧 잠이 든 김 변호사는 꿈나라로 빨려 들어갔다.

김 변호사는 자기 자신이 서울대학교의 강의실이 아니라 거리가 잘 보이는 지하철역 근처의 <코코스>음식점 창가에 앉아서 커피를 마시고 있는 것을 발견했다. 무심코 창 밖을 보고 있다가 무엇인가 이상한 점을 발견했다. 지나가는 사람이나 자동차 그리고 자전거를 타고 지나가는 젊은이가 이상하게도 길쭉하게 생겨 보였다. 자전거를 타고 지나가는 그 청년의 키는 보통이지만 얼마나 길쭉하게 생겼는지 마치 사람이 아니라 얇은 판자처럼 운동방향으로 압축돼 보였다. 김 변호사는 방금 전 김 교수가 강의하던 내용이 떠올랐다. 이상한 모양을 한 이 청년은 <상대론적 효과> 때문에 운동방향으로는 길이가 짧아지는 까닭에 저렇게 길쭉하게 보이는 것이라 생각했다. 아마 자기가 앉아 있는 이 동네의 광속이 30만Km/초가 아니라 훨씬 더 늦은 시속 100km를 넘지 못하는 그런 세상인가 보다. 그렇기에 자전거를 타고 별로 빨리 움직이는 것도 아닌데 저 청년이 운동방향으로 압축되었다는 그런 생각을 하게 되었다. 보통 세상에서 빛의 속도인 30만Km/초는 빛을 향해서 가거나 또는 빛이 가는 방향으로 달아나는 사람(또는 빠른 물체)이 보았을 때도 30만Km/초여서 이를 넘어설 수 없는 상한 속도인 것처럼 여기서의 상한 속도는 꽤 느리다고 생각됐다.

아마 이곳에서 상한 속도는 초속 20미터(시속 72km)정도가 되는 모양이다. 지나가는 자동차는 거의 초속 20미터에 가깝게 달리고 있는지 그 모양이 정말로 이상하게 마치 자동차의 길이를 압축하여 바퀴와 바퀴가 거의 붙어있고 높이만 있는 길쭉한 모양이었다. 김 변호사는 달리고 있는 자동차에 붙어있는 시계를 유심히 보았다. 김 변호사의 손목시계의 초침이 한바퀴 돌았는데 자동차의 초침은 겨우 5초만 움직였다. 즉 김 변호사의 시계가 60초 지날 때 자동차의 시계는 5초 밖에 가지 않았던 것이다. 김 교수의 강의처럼 정말로 시간과 길이가 움직이는 사람과 서있는 사람에게는 이렇게 다른가보다라고 생각하는 순간 소스라치게 놀랐다. 누군가가 팔꿈치를 꼭 찌르는 느낌에 깨어나 옆을 보니 아직도 김 교수는 지루한 강의를 하고 있었고 <코코스>음식점이 아니라 강의실에 있는 자기 자신을 발견했다. 김 변호사는 자기 자신이 꿈이 신기하기도 하려니와 그 길쭉한 사람과 자동차의 영상을 떨쳐버릴 수가 없었다.

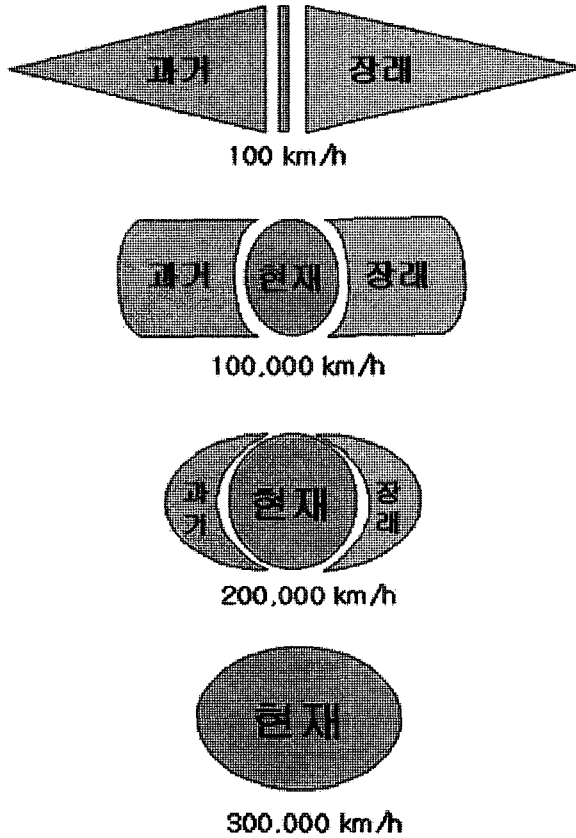


그림 4

### 특허국의 방석

아인슈타인을 일약 유명하게 만든 <일반 상대성이론>의 실마리는 우연히 찾아왔다.

1907년 11월 어느 한가한 늦가을에 젊은 아인슈타인은 베른 특허국 사무실 창가에 서서 무심히 창 밖을 내다보고 있었다. 바쁘게 지나가는 사람들, 그리고 연인들의 모습을 아무 생각 없이 보던 그는 제자리로 돌아왔다.

그는 자기 의자에 놓아두었던 두꺼운 방석을 그날따라 치워버렸다는 사실을 까마득히 잊고선 털썩 주저앉았다. 아마 경험한 사람들이라면 방석이 있다고 생각했는데 없으면, 마치 계단에서 발을 헛디뎠을 때 느끼는 것처럼 허공에 등실 뜨는 것처럼 자신의 체중을 잠시 느끼지 못하는 그런 감각을 이해하리라 믿는다.

그 순간, 아인슈타인의 머릿속에 번개처럼 영감이 떠올랐다. 만약에 사람이 공중에서 떨어져서 자유낙하를 한다면 무게를 느낄 수 없을 것이라는 생각이 문득

뇌리를 스쳐갔다. 아인슈타인은 이 간단한 생각에 잠시 정신을 잃고 가만히 앉아있었다.

뒷날 아인슈타인은 일반 상대성 이론의 발판이 된 등가원리`Equivalence Principle로 알려진 이 생각이 자신의 일생 중 가장 획기적인 사고의 전환이었다고 주위 사람들에게 말하곤 했다.

등가원리를 좀 더 알아보기 위하여 과거로 돌아가 보자. 그 옛날 히브리 사람들은 우리 지구는 평면이고 끝이 없다고 생각했다. 그림처럼 평면의 지구상에서 대포를 쏘았다고 하자. 약하게 쏘면 지구 중력에 의하여 포탄은 멀리가지 못하고 떨어질 것이다. 좀 더 강하게 포탄을 쏘면 좀 더 멀리 가고 더 강하게 쏘면 더 멀리 갈 것이다. 그런데 지구는 평면이 아니고 공처럼 둥글다. 약하게 쏘는 포탄은 떨어지지만 지구의 표면 역시 포탄이 날아가면서 더 멀어지고 있다. 적당한 힘으로 쏘는 포탄인 경우 포탄이 떨어지는 만큼 지구의 표면이 떨어져감으로써 지구에 떨어지지 않고 지구 둘레를 돌게 된다. 포탄을 강하게 쏘든 약하게 쏘든 포탄을 떠난 포탄은 지구의 중력만을 받고 떨어지므로 이는 자유낙하를 한다. 그런데 적당한 힘으로 쏘는 포탄은 떨어지는 만큼 똑같이 둥근 지구표면에서 떨어지므로 지구를 끼고 돌게 된다.

인공위성이란 적당한 힘의 로켓으로 쏘아 올린 포탄과도 같다. 이는 지구를 향하여 자유낙하를 하고 있으나 지구면이 이와 똑같이 떨어져가므로 떨어지지 않고 돌고있는 것이다. 지구를 돌고있는 우주선 역시 적당한 힘으로 발사된 포탄처럼 자유낙하를 하고 있는 것이다. 아마 누구든 텔레비전 뉴스에서 인공위성 속의 우주인들은 중력을 받지 않고 등등 떠서 우주선 속에서 움직이고 우주선에 고정된 물건이 아닌 것은 무중력 상태에서 떠다니는 것을 보았을 것이다.

<등가원리> 즉 자유낙하를 하는 곳에는 중력이 없다는 것을 천재 아인슈타인은 80여 년을 앞질러서 깨달았다. 그의 생각은 혁명적이고 말 그대로 선구자의 생각이었다. 이 등가원리를 줄이 끊어져서 자유낙하를 하는 엘리베이터에 적용해 보자. 승강기 안에서 누가 쇳덩이를 공중에 놓으면 뉴턴의 법칙에 따라 그 자리에 그냥 있을 것이다(뉴턴은 힘을 받지 않은 물체는 운동상태를 바꾸지 않는다고 했다). 이는 우리들이 중학교고등학교에서 배웠다. 누군가가 쇳덩이를 손에 들고 있다가 손을 떼면 우주선 속에서처럼 그냥 그 자리에 떠 있을 것이다. 가벼운 나뭇조각을 놓아도 마찬가지로 그 자리에 있을 것이다. 가벼운 깃털 역시 그럴 것이다. 그런데 승강기 바깥에서 보면 깃털이나 나뭇조각이나 쇳덩이나 다같이 승강기와 함께 떨어지고 있다. 승강기가 피사의 사탑에서 자유낙하를 하고 승강기가 유리라고 생각하면 이는 바로 그 유명한 갈릴레오가 피사의 사탑에서 한 실험을 보는 것이 되겠다. 가벼운 나뭇조각이 쇳덩이와 함께 떨어진다는 그 유명한 갈릴레오의 실험을 보는 것과 아무런 차이가 없다.

등가원리는 실험을 하지 않고도 갈릴레오의 실험을 예견하고 있다. 아인슈타인은 한발 더 나아가서 쇳덩이를 약간 밀면(자유낙하를 하는 승강기 속에서) 중력

이 없기에 직진할 것이고 무게가 없는 빛도 역시 직진할 것이라고 생각했다. 그러나 이를 지상에서 보면 승강기 자체가 떨어지고 있는 까닭에 췌덩이나 빛의 운동이 휘어져 보일 것이다. 중력이 강하면 강할수록 승강기는 빨리 떨어지게 되고 빛은 더 많이 휘어질 것이므로, 별빛이 무거운 태양의 주변을 지나갈 때는 많이 휘어지리라 생각할 수 있다. 아인슈타인은 별빛이 태양 근방을 지나올 때는 휘어야 된다고 굳게 믿게 되었다.

## 천재의 생각

아인슈타인은 빛이 휘어진다는 것이 무엇을 말하는가를 깊이 생각하기 시작했다. 빛이 휘어지는 것은 태양의 주변공간이 휘어져 있기 때문에 그 휘어진 공간을 따르다보면 무거운 돌이든 무게가 없는 빛이든 휘어진다고 생각했다.

우리들은 평면에서 두 점을 잇는 최단거리의 선을 직선이라고 부른다. 그러나 이 평면을 휘어서 곡면을 만들었을 때 그 직선은 곡선이 된다

지금까지 한 이야기를 좀 더 구체적인 예를 들어서 설명해보자. 3차원의 휘어짐 즉 공간의 휘어짐은 시각적으로 설명하기 힘들므로 2차원 즉 곡면을 예로 들자. 평면에만 익숙한 김씨는 높은 탑 위에 살고 있었다. 내려갈 사다리가 없어서 김씨는 땅위에 내려가지 못하고 있었다. 어느 날 김씨가 탑 위에서 아래를 내려다 보니 아이들이 구슬치기를 하고 있었다. 한 아이가 구슬을 굴렸더니 똑바로 가지 않고 휘어지다가 어떤 곳에서는 원을 그리면서 돌기도 했다. 중력에 의하여 태양 주위를 지구나 행성들이 맴도는 것도 알고있는 유식한 김씨는 구슬이 둥근 원을 그리는 중심에는 보이지 않는 굉장히 무거운 물체가 있어 마치 지구를 잡아당기는 태양처럼 구슬을 잡아당기는 거라고 생각했다.

그러나 어느 날 누군가가 사다리를 갖다 놓아서 김씨는 땅위로 내려갔다. 그랬더니 위에서 평면이라고 생각했던 지면은 곡면이고 구슬이 휘어지던 곳은 땅이 굽어 있어서 구슬이 굽은 홈을 따라 굴러가는 것이었고 원을 그리던 부분 역시 원형의 홈이 파여 있는 게 아닌가. 무거운 물체가 끌어당겨서 휘어지는 것이 아니라 면이 휘어져 있기 때문에 곡선을 그리면서 굴렀던 것이다. 높은 곳에서 보았을 때는 땅의 굴곡이 보이지 않았기 때문에 마치 평평한 땅 위에서 중력에 의하여 휘어지는 것처럼 보였지만 사실상은 그저 그 휘어진 공간을 따른 것뿐이다.

이렇게 생각하면 모든 것이 자명해진다. 중력은 휘어진 공간과 대응되고 따라서 이 휘어진 공간을 따라 움직이는 것은 그것이 빛이든 췌덩이든 재떨이든 다 같다. 피사의 사탑에서 떨어진 췌덩이와 재떨이가 동시에 떨어지는 것은 같은 시공간의 휘어짐을 따라 움직이기 때문에 동시에 떨어지는 것은 당연한 것이었다. 중력은 다른 것이 아니라 시공의 휘어짐과 같은 것이라고 아인슈타인은 생각했다. 그는 이 생각을 수식화하기 위하여 친구인 민코프스키라는 수학자로부터

<미분기하학>이란 곡면상의 기하학을 열심히 배웠고 이 어려운 수학을 이용하여 1916년 독일 물리학회지에 혁명적인 논문 「일반 상대성이론의 기초 `Die Grundlage der allgemeinen Relativitatstheorie, Analen der physik 49, 1916」을 발표했다. 이 논문에서 공간이 어떻게 휘어져 있는가를 말해주는 방정식이 제시되었다. 아인슈타인의 방정식으로 알려진 이 마스터 방정식(그림 5 참조)은 특수 상대성이론과는 달리 그 당시에도 얼마든지 검증할 수 있는 구체적인 예가 있었다.

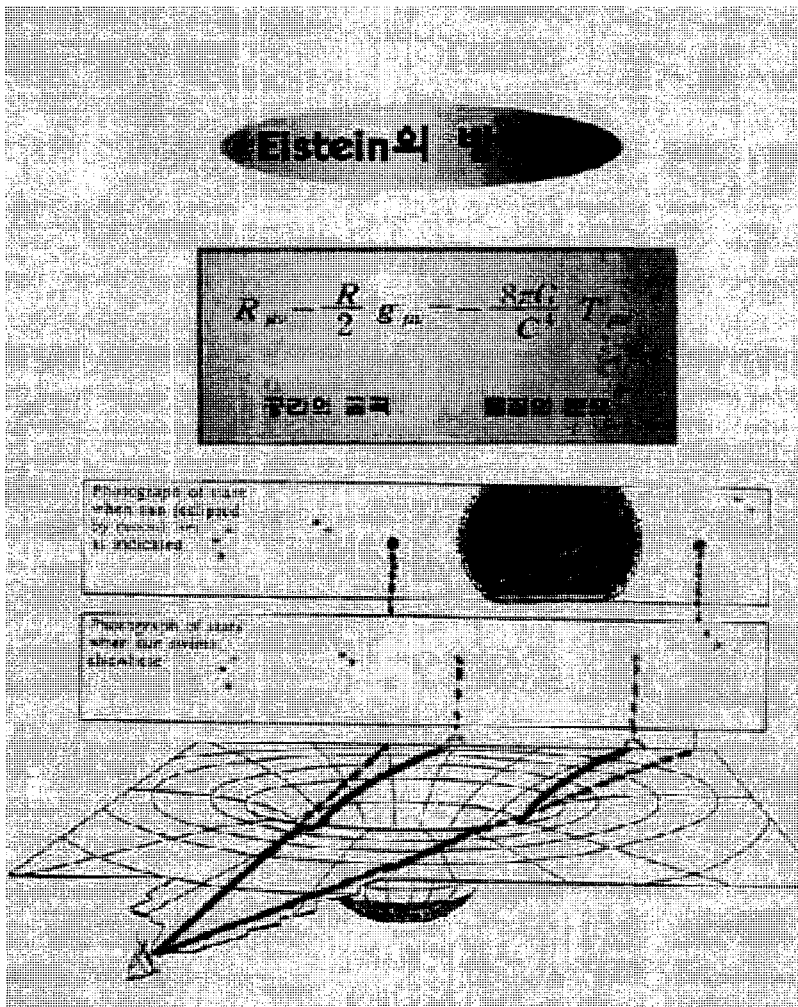


그림 5 아인슈타인의 방정식

아인슈타인은 이 방정식의 결과로 별빛이 태양의 주위를 지날 때는 태양의 중력 때문에 휘어진 공간을 지나오게 되므로 1.75/3600도 휘어진다고 예언했다. 태양



주위의 별은 밝은 태양 때문에 볼 수가 없다. 바보가 아닌 이상 밝은 대낮에 별 빛을 보려는 사람은 없을 것이다. 그러나 일식이 일어날 때는 대낮에도 캄캄하여 태양 주위의 별을 관측할 수 있을 것이다. 마침 1919년 개기 일식이 아프리카 지역에서 일어났다. 그 당시 천문학계의 거두인 아서 에딩턴`Arthur Stanley Eddington (1882 - 1944)은 아인슈타인 이론의 진위를 알아보기 위하여 모든 관측기구를 준비하여 아프리카로 떠났다. 드디어 개기일식이 시작되었고 별의 위치가 다른 곳으로 이동된 것을 확인하였다. 그 뿐이 아니라 휘어짐은 아인슈타인이 계산한 그대로 1.75/3600도였다. 이를 계기로 아인슈타인은 주부들조차 그 이름을 알 정도로 일약 유명인사가 되었다.

아인슈타인은 한 걸음 더 나아가 우리가 살고있는 우주에 대한 해답을 얻고자 했다. 아인슈타인의 마스터 방정식은, 왼쪽은 우주의 휘어짐을, 오른쪽은 에너지와 질량 분포를 나타내고 있다. 물질과 에너지의 분포가 균일하다는 가정 하에 아인슈타인은 이 방정식의 해답을 구하여 보았으나 그 해답이 마음에 들지 않았다. 그가 얻은 해답은 이 우주가 시간에 따라 팽창한다는 것이었다. 1920년대 당시만 해도 우리의 우주란 변화하지 않는 정적인 우주라고 생각했다. 고요한 밤하늘에 반짝이고 있는 저 수많은 별들은 꼼짝하지 않고 한 자리에 있는 것으로 보였으므로 급격히 팽창하고 있는 우주란 생각조차 할 수 없었다.

훗날 1929년에 허블에 의하여 우주는 팽창한다는 사실이 알려지지만 당시는 이런 사실을 모르던 때였다. 하늘을 쳐다보면 별들은 제자리를 지키면서 꼼짝하지 않고 반짝이고 있으니 정적(靜的)인 우주라고 생각한 것도 무리가 아니었다. 변화하는 우주라는 해답을 몹시 못마땅하게 여긴 아인슈타인은 정적이고 변화 없는 우주상과 절맞는 해답을 얻기 위하여 자기의 마스터 방정식을 고치고 하나의 상수를 첨가하였다. 뒷날 아인슈타인은 원하는 답을 얻기 위해 상수를 넣어서 자기 방정식을 고친 것을 몹시 후회하고 자기 생애 가운데 가장 큰 실수였다고 한탄했다.

## 불쌍한 프리드만 씨

그러나 세상은 언제나 바른 소리를 하는 사람이 있게 마련이다. 이 무렵 소련의 젊은 수학자이며 기상학자인 프리드만`Alexander Alexandrovitch Freedman(1888-1925)은 아인슈타인의 방정식을 아무런 수정 없이 균일한 물질의 분포 상태와 구대칭(球對稱)의 성질을 가진다는 조건 하에 풀었다. 놀랍게도 그는 우주는 팽창한다는 해답을 얻었다. 고르바초프-엘친의 전환기처럼 러시아 혁명으로 불안한 나날이었던 때였으므로 프리드만의 논문은 학술지에 발표되지 못하고 자기 고향인 페테르그라드의 지방신문에 발표되었다. 그 당시만 해도 학술 잡지에 발표하려면 권위있는 학자의 후원이 필요했다. 프리드만은 자기 논문을 독일의 《물리학`Zeitschrift zur physik》에 투고했으나 아인슈타인의 마음에

들지 않았고 그 당시 학자들의 눈에도 팽창하는 우주란 상식 밖의 해답이었으므로 그 논문은 빛을 보지 못하였다.

융통성이 없고 고지식한 프리드만은 자기 논문의 신용도를 높이기 위해서는 자신의 수학능력을 과시할 수밖에 없다고 생각했다. 그는 우주의 물질분포가 균일하다는 조건에서 아인슈타인의 마스터 방정식을 푼 것처럼 지구 상층부에 있는 공기층의 상태를 알면 기상 방정식을 풀어서 일기를 예보할 수 있다고 장담했다. 이를 실행하기 위해 프리드만은 7000m 상공까지 기구를 타고 올라가서 상층부의 상태를 기록하고 내려왔다. 그러나 오랫동안 차가운 상공에 있었던 까닭에 지극히 몸이 약한 프리드만은 폐렴에 걸려 37세의 젊은 나이로 이 세상을 하직하고 말았다(전해오는 또 다른 설에 의하면 그는 장티푸스로 죽었다고 한다).

어쨌든 프리드만의 이론을 빛을 보지 못했으나, 그가 죽은 4년 뒤에 에드윈 허블이 그 유명한 논문 「은하계 밖 성운들의 거리와 수직속도의 관계」를 발표함으로써 프리드만은 저승에서나마 그의 능력을 뽐낼 수 있게 되었다. 지금은 팽창하는 <프리드만 우주>로 알려진 그의 이론은 허블의 관측으로 단단한 뒷받침을 받는 표준형 이론으로 자리잡게 되었다. 불쌍한 프리드만씨가 좀 더 오래 살았다면 영광된 날이 있었을텐데... .

## 피카소의 영감

우리들은 흔히들 멋진 생각을 차원 높은 생각을 한다고들 한다. 보통 생각을 벗어난 탁월한 생각들을 그렇게 표현하고 있다. 3차원의 세계에 익숙한 우리들의 말 그대로 한 차원 높은 4차원을 이해하기란 쉽지 않다. 그야말로 한 차원 높은 사고의 전환이 필요한 것이다. 어려운 일에 맞부딪치기 전에 쉬운(?) 일부터 생각해보도록 하자. 우리들보다 한 차원 낮은 이차원 세계에 사는 사람(?)들은 우리들보다 얼마나 무지할까 생각해 보는 것이다.

딱딱한 이야기를 피하기 위하여 영국인 아보트`Abbott라는 사람이 쓴 소설 『평면인`Flat Lander』을 소개해보자. 완전하지는 않지만 그럴싸한 설명이 되리라 생각된다. 아보트는 평면인의 나라에서 그 사회의 구성원들을 기하학적인 모양인 직선, 삼각형, 사각형, 오각형... .. 원 등으로 표시했다. 그는 변이 많으면 많을수록 사회적 지위가 높은 사람으로 설정했다. 여성들에게는 대단히 죄송하지만 아보트는 사회적으로 가장 계급이 낮은 사람을 농부의 아내로 정하고 변이 하나인 선으로 표시했고 선 다음으로 변이 세 개인 삼각형은 하인, 변이 네 개인 사각형은 농부 그리고 변이 더 많은 오각형은 하급관리, ... .. 이렇게 하여 변이 가장 많은 원은 그 당시 사회적으로 가장 계급이 높은 신부(神父)로 정했다. 그런데 선과 삼각형 그리고 원들이 어우러져 살아가는 이 평면의 나라에 이상한 일이 생겼다. 삼차원 세계에서 흔히 볼 수 있는 구(球)가 나타난 것이다. 당구공이나 구슬 같은 그 흔한 보통의 구에 불과했지만, 우리가 사차원을 못 보듯이

삼차원을 못 보는 <평면인>들에게는 구를 파악하고 이해하기란 무척 어려웠다. 똑똑한 수학자나 물리학자가 아니면 꿈도 꿀 수 없는 일이다. 그들이 삼차원 동물인 구를 어떻게 이해하는지 그림을 보면서 설명해 보도록 하자. 먼저 (그림6 참조)를 보자. 아보트의 <평면사회>에서는 구가 있는 것조차 알 수 없다. <평면인>들은 평면을 벗어난 바로 위의 공간은 알지도 못하고 보지도 못하고 상상도 못하기 때문에 그들에게 있어서 구는 존재하지도 않는다. 그런데 구가 내려와서 면에 걸치면 그림처럼 <평면인>들에게는 구의 평면 단면적만 보이기 때문에 이는 작은 원으로 보인다. 그런데 구가 더 내려가면 그 원은 더 커지고 구의 반 이상이 평면을 지나게 되면 원은 다시 작아지고 완전히 밑으로 빠지면 원은 사라진다. 무식하고, 답답하고, 생각이 딱 막힌 <평면인>들은 이 일련의 사건에 이렇게 반응할 것이다. 그 어떤 날 신부가 하늘이나 땅에서 솟아난 것처럼 갑자기 나타났다가 사람들이 보는 바로 눈앞에서 점점 커지더니 또다시 작아지고, 하늘로 올라갔는지 땅으로 숨었는지 묘연히 사라졌다고 야단들하며 무엇에 홀렸다고 생각할 것이다. 모양을 자유자재로 바꾸고 하늘에서 갑자기 나타났다가 홀연히 떠난 이 신부야말로 하나님의 아들이라고 말할 것이다.

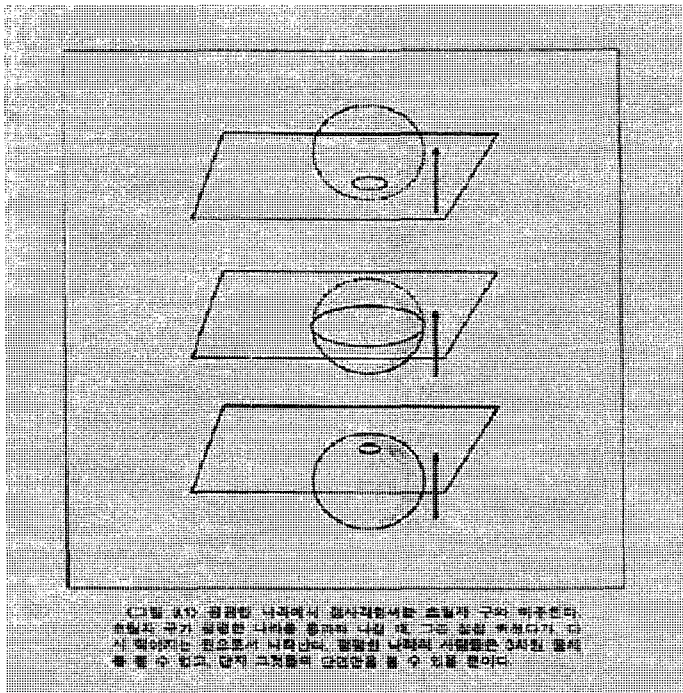


그림 6

이렇게 <평면인>들은 단순하고 별 것도 아닌 일을 과장해서 생각하는 답답하고

지능이 낮은 사람들이다. 그렇지만 우리처럼 3차원의 세계에 익숙한 사람들도 4차원의 사물을 알아보지 못한다. 우리처럼 3차원만 인식하는 사람들이 4차원을 어떻게 알아볼 수 있을까? 또 다시 2차원의 사람들이 되어서 3차원의 입방체, 즉 성냥갑 같은 것을 어떻게 알 수 있을까를 생각해 보자.

그림처럼 입방체를 펼쳐서 2차원인 평면에 늘어놓으면 그 면이 여섯 개임을 알 수 있다. 이것을 본 <평면인> 가운데 천재적인 생각을 하는 사람들은 이렇게도 상상할 수 있을 것이다. 평면의 입방체인 4각형은 변이 네 개 있다. 평면은 가로와 세로로 직교하는 두 축(X축과 Y축)만 있으면 그 위치가 정해지므로 2차원이라고 하며 X축과 Y축은 각각 두 방향(+ 및 - 방향)이 있으므로  $2 \times 2 = 4$  즉 4개의 변이 있는 4각형이 2차원의 입방체에 해당한다. 3차원에서는 X축, Y축, Z축이 서로 직교하므로 +와 - 방향을 생각하면  $3 \times 2 = 6$  즉 3차원 입방체(보통 우리가 말하는)는 6개의 면을 갖는다. 2차원에서 3차원으로 갈 때 변을 면으로 고치고  $2 \times 2$  변을  $3 \times 2 = 6$ 개의 면으로 고치는 것이 2차원에서 3차원으로 가는 사고의 요약이다(그림7 참조).

그렇다면 4차원 입방체는 어떨까? 우선 4차원 입방체를 쉽게 상상할 수 없다. 마치 <평면인>, 즉 2차원의 세계만 아는 사람이 3차원의 구나 입방체를 감각적으로 상상할 수 없듯이 우리 역시 <4차원 입방체>를 머릿속에서 영상화할 수 없다. 그러나 평면인들이 3차원 입방체를 2차원에 펼친 여섯 개의 (사각형) 면에서 짐작할 수 있듯이 4차원 입방체를 만들고 있는 4차원에서의 면은 우리 3차원 인간들이 보았을 때는 무엇일까를 생각할 수 있다. 3차원 입방체의 면은 3차원보다 차원이 하나 낮은 평면의 4각형인 것에서 짐작하면 4차원 입방체의 면은 4차원보다 차원이 하나 낮은 3차원 입방체일 것이다. 3차원 입방체의 면을 평면인들이 짐작할 때  $3 \times 2$ , 즉 여섯 개의 면이 있다고 생각한 것처럼 4차원 입방체의 면은  $4 \times 2$ , 즉 여덟 개의 입방체(입방면이라고 하는 것이 적절할지도 모른다)일 것이다.

(그림 7)의 왼쪽에는 4차원 입방체의 면인 8개의 입방체로 된 4차원 입방체의 3차원 단면이 있고 (그림 8)오른쪽에는 예술가 <다리>의 작품인 <고차원 십자가의 예수 그리스도`Christ in hyper cube>(미국 뉴욕 소재 현대 미술박물관 소장)가 있다. 이를 서로 비교하면 예수님이 못 박혀 있는 <다리> 작품의 십자가는 고차원(4차원)입방체를 3차원에 펼친 입방면이라는 것이 곧 수궁이 가리라 생각된다.

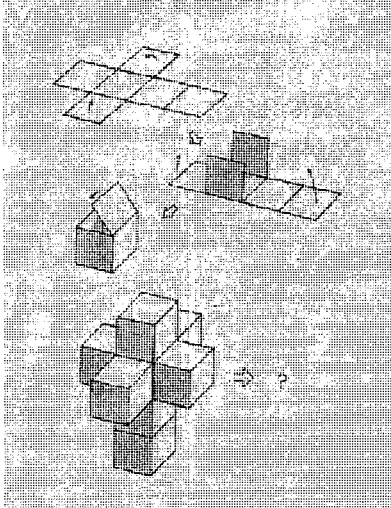


그림 7

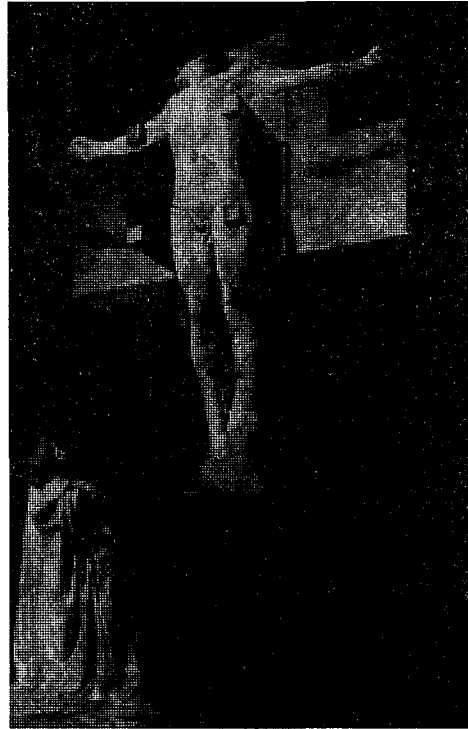


그림 8

4차원 입방체의 3차원에서의 또 다른 영상을 다른 각도에서 생각해보도록 하자. 그림(피카소의 마라 부인) 왼쪽에 그려져 있는 직육면체를 생각해 보자. 이 육면체가 아주 투명한 유리로 되어있고 그 변은 검은 칠을 한 선이라고 하자. 그림처럼 누가 손전등을 가지고 위에서 아래로 비추어 보면 육면체의 변들이 평면 위에 사영(射影)된 그림자를 볼 것이다(그림 9참조). 입방체의 윗면은 전등으로부터 가까운 까닭에 더 확대되어 크게 사영될 것이고 전등으로부터 먼 쪽에 있던 면은 좀 더 작게 확대되어 투사되면서 큰 사각형 속에 있을 것이다. 두 면을 이은 수직으로 된 변은 두 사각형의 꼭지점을 서로 잇는 선이 되어 그림처럼 사각형 속에 사각형으로 나타날 것이다.

손전등으로 4차원 유리 입방체를 위에서 비추어 보면 어떻게 될까? 3차원 입방체의 면들이 2차원인 평면에 투사되어 사각형 속의 사각형이 되듯이 4차원 입방체의 3차원 사영(射影)은 큰 입방체 속의 작은 입방체로 나타날 것이다. 피카소의 작품 가운데(그림 10 참조) <마라 부인>처럼 한쪽 얼굴에 눈 속에 눈이 있는 영상은 4차원의 3차원 투시도를 암시하고 있다. <피카소>나 <달리>같은 예술의 천재들이 4차원의 수학을 알았으리라 믿어지지 않는다. 그러나 이들이 가진 천재적인 영감이 이런 표현을 하게 했으리라 생각을 지을 수 없다.

