상대성은 곧 연기법… '一水四見'의 세계

불교로 읽는 古典

아인슈타인의 〈상대성이론〉

양형진
고려대 반도체물리학과 교수

상대론에는 뉴턴역학에서 사용하는 갈릴레이의 상대론과 아인슈타인의 특수상대론과 아인슈타인의 일반상대론이 있다. 일반상대론(general theory of relativity)은 중력의 효과를 포함한 보편적인 경우의 상대론이고, 특수상대론(special theory of relativity)은 중력의 효과가 없는 특수한 상황에서의 상대론이다. 이 세 상대론은 전부 "모든 속도는 상대속도다"라는 가설에서 출발한다. 이는 상대론이 관측자에게 나타나는 세계의 상대성에 주목한다는 것을 보여준다. 먼저 갈릴레이 상대론부터 살펴보자.

기차에 탄 사람에게 선반에 있는 가방은 정지해 있는 것으로 보이지만, 철길 옆에 있는 사람에게 그 가방은 시속 100km의 속도로 움직이는 것으로 보인다. 비행기를 탄 사람에게 비행기의 날개는 정지해 있는 것으로 보이지만, 지상에 있는 사람에게 비행기의 날개는 시속 900km로 날아가는 것으로 보인다. 관측대상에 대해 서로 다른 이야기를 하지만, 모든 속도는 상대속도이므로 둘 중의 어느 하나만 옳은 게 아니라 둘 다 맞는 얘기다.

이처럼 관측 대상의 운동 속도는 대상 자체의 속성에 의해 관측 이전에 이미 결정돼 있는 게 아니라, 그 대상을 누가 보느냐에 따라 결정된다. 관측 대상과 우리가 어떤 관계를 형성하느냐에 따라 우리에게 나타나는 세계는 달라진다. 따라서 하나의 대상에 대해서도 이를 바라보는 관점의 수만큼의 서로 다른 세계가 동시에 존재하게 된다. 각자의 체계 안에서 일관성만 유지한다면 모든 관점이 정당하다는 것이 상대론이다.

여기까지는 고전적인 갈릴레이의 상대론이나 아인슈타인의 상대론이나 마찬가지다. 그 둘을 구분하는 것은 시간과 공간의 척도가 변하느냐의 문제다. 고전역학에서 어느 한 사람에게 과거인 사건은 다른 사람에게도 과거에 일어난 것이고, 어느 한 사람에게 미래인 사건은 다른 사람에게도 미래에 일어날 사건이며, 어느 한 사람에게 동시에 일어난 두 사건은 다른 모든 사람에게도 동시에 일어난 두 사건이다. 의심의 여지가 없는 이 상식적인 믿음이 특수상대성이론에서는 붕괴된다.

상식의 붕괴 '특수상대성이론'

아인슈타인의 특수상대성 이론은 두 가지 가설에서 출발한다. 첫 번째 가설은 갈릴레이의 상대론도 인정하는 것으로서, 모든 속도는 상대속도라는 것이다. 두 번째 가설은 관측자나 광원의 운동 상태에 상관없이 광속도가 언제나 일정하다는 것이다. 고전역학의 관점에서 보면 믿기 어려운 이 두 번째 가설 때문에 아인슈타인의 상대론은 갈릴레이의 상대론과 전적으로 다른 결론에 도달하게 된다. 상대론의 이 두 가설로부터 어렵지 않게 로렌츠 변환에 도달할 수 있는데, 이에 의하면 등속도로 상대 운동을 하는 두 관측자는 시간과 공간을 서로 다르게 인식하게 된다. 이 상황을 예를 들어 살펴보자.

상당히 긴 우주선이 정지해 있으며, 그 중앙에 관측자 I가 있고 우주선 밖에 있는 관측자 O는 I의 바로 옆에 있다고 하자. 우주선의 맨 앞과 뒤에는 각각 빨간색과 파란색의 전등이 있고, I와 O가 있는 우주선의 중앙에서 두 전등까지의 거리는 같다. 두 전등이 순간적으로 반짝하면서 빛을 발하고 나서, 두 빛이 관측자 O에게 동시에 도달했다면 I에게도 동시에 도달할 것이다.

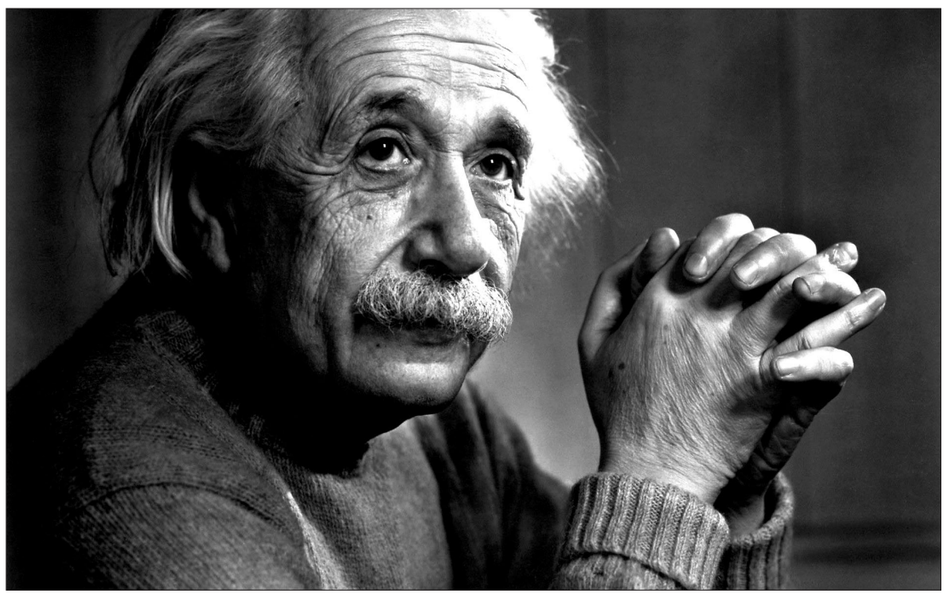
우주선이 상당히 빨리 움직인다면 상황은 달라진다. 빨강과 파랑의 두 빛이 O에게 동시에 도달한다 하더라도 I에게는 동시에 도달하지 못한다. 우주선에 탄 I는 빠른 속도로 움직이므로 관측자 O가 두 빛을 함께 본 순간에 I는 O보다 앞에 가 있게 되므로, 앞에서 오는 빨간빛은 이미 그를 지나갔지만 뒤에서 오는 파란빛은 아직 그에게 도달하지 못 하기 때문이다. 따라서 관측자 O는 두 전등이 동시에 반짝였다고 생각하지만, 관측자 I는 빨간 전등이 먼저 반짝였고 파란 전등이 나중에 반짝였다고 생각한다. 이처럼 아인슈타인의 상대론에서는 두 사건의 동시관계 내지는 선후관계가 두 관측자에게 서로 다르게 관측된다.

두 사건이 동시에 일어난 사건인지의 여부가 관측자의 운동 상태에 따라 달라지는 것을 '동시성(Simultaneity)의 문제' 라고 하는데, 여기엔 사건의 선후관계가 바뀌는 것까지 포함된다. 선후관계의 바뀜을 포함하여 사건의 발생 시간을 두 관측자가 서로 다르게 관측한다는 것은 두 관측자가 서로 다른 시간의 세계에 산다는 것을 의미한다. 이에 의해 생겨나는 또 하나의 특이한 상황이 길이의 수축이다.

정지해 있는 물체의 길이란 그 물체의 양끝 사이의 거리다. 움직이는 물체의 경우에는 어느 한 순간 물체 양 끝의 위치를 기록하고 이 둘 사이의 거리를 측정하면 된다. 이 때, 양 끝의 위치를 동시에 기록해야 한다는 것이 중요하다. 그런데 특수상대론에서는 두 관측자가 동시관계를 서로 다르게 보기 때문에, 두 관측자는 한 물체의 길이를 서로 다르게 측정하게 된다. 그리고 물체의 길이가 달라진다는 것은 공간의 거리가 달라진다는 것을 의미하는 것이기도 하므로, 특수상대론에서는 관측자의 운동 상태에 따라 시간뿐 아니라 공간도 달라진다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 상대운동을 하는 두 관측자의 시간과 공간과 그들 사이의 상대속도는 서로 연관돼있다. 그러므로 서로 분리돼 있는 시간과 공간이 아니라 서로 뒤얽혀 있는 시공간이 된다. 그래서 상대론이 나온 이후 3차원 공간과 1차원 시간 대신 4차원 시공간(space-time)이란 용어를 쓰게 됐다.

이 4차원 시공간에서는 사건의 선후관계가 바뀌기도 하고, 한 사건의 발생 시간을 두 관측자가 서로 다르게 관측하기도 한다. 두 관측자는 서로 다른 시계를 지니고 있으며 따라서 서로 다른 시간의 세계에 산다. 이에 따라 빠르게 움직이는 관측자의 시간은 천천히 흐르게 된다. 이런 시간의 지연은 빠르게 운동하는 입자가 정지상태의 입자보다 아주 오랫동안 붕괴되지 않는다는 사실에서 실험적으로 확인된다.



알베르트 아인슈타인(Albert Einstein, 1879~1955)의 사진. 그는 기존의 물리 상식을 뒤집는 '상대성 이론'을 발표했다. 절대 시간과 공간이라는 고전 역학은 그의 이론으로 붕괴됐고, 우리가 인식하는 세상에 대한 직관의 외연을 확장시켰다.

상대 속도 속 시공간은 서로 뒤얽혀
3차원 아닌 '4차원' 시공간 개념 도입
뉴턴의 '절대 시공간' 이론 붕괴돼

識에 따라 나의 인식 세계 달라지듯
우주는 우리와 대상의 '연기적 그림'

이처럼 빠르게 운동하는 사람이 볼 때 시간은 천천히 흘러가고 공간의 길이는 줄어든다. 결국, 상대적으로 운동하는 두 사람은 서로 다른 시계와 자를 가지고 있는 셈이어서, 공간의 길이와 시간의 진행 속도가 서로 다른 두 개의 시공간에 사는 셈이다. 모든 존재자와 모든 사건에 동일하게 적용되었던 뉴턴의 절대시간과 절대공간의 개념은 여기서 붕괴된다. 관측자와 관측 대상 사이에 서로 다른 시간과 서로 다른 공간이 형성돼 있는 우주에 우리는 살고 있다.

우리는 '상대론적 우주'에 산다

일반상대성 이론은 중력이나 가속도의 효과가 존재하는 경우에도 적용되는 상대론으로서 특수상대성 이론보다 보편적인 이론이다. 일반상대론은 중력과 가속도의 등가 원리에서 출발한다. 다른 물체가 전혀 존재하지 않는 우주 공간을 여행할 때, 우리 몸이 뒤로 쏠리는 경험을 했다고 하자. 우주선의 외부를 확인하지 않고서는, 우주선이 가속해서 몸이 뒤로 쏠리는 것인지 아니면 큰 중력을 내는 물체가 뒤로 다가와서 몸이 뒤로 쏠리는 것인지를 (어떤 물리적 실험을 통해서도) 구별할 수 없다. 이처럼 중력과 가속도의 효과는 물리적으로 동일하다.

그러므로 무중력 상태에서의 물리법칙을 가속 운동을 하는 관측자가 기술하면 중력이 존재하는 시공간에서의 물리법칙이 되는데, 이것이 일반상대론이 기술하는 세계다. 그런데 가속도가 있게 되면 빛의 경로가 굽어진다는 것을 간단한 사고실험을 통해 쉽게 확인할 수 있다. 다시 여기에 중력과 가속도의 등가 원리를 적용하면, 중력이 있는 공간에서는 빛이 휜다는 것을 알 수 있다. 빛이 휜다는 데서 보는 바와 같이, 중력이 있는 공간은 일반적으로 휘어진 공간이 된다. 이는 시공간의 구조가 우주에 존재하는 물질과 그 분포에 의해 결정된다는 것을 의미한다.

뉴턴역학에서 시간과 공간은 우주의 전제조건이었다. 어떤 상황이나 구조와도 상관없이 우주의 배경으로 펼쳐져 있는 것이 시간과 공간이라고 생각했다. 이런 시간과 공간을 절대시간과 절대공간이라고 한다. 절대시간과 절대공간은 우주를 구성하는 물질의 존재 여부나 배열과는 무관하게 그 자체로 주어진 시공간이다. 이와 달리 상대론에서의 시공간은 우주와 함께 형성된 것이어서, 우주의 구조와 배열에 의해 정해지는 시공간이다. 우주 안의 물질과 상관없이 저절로 주어진 우주의 배경 같은 것이 아니라, 우주 안에 있는 물질과 그 분포에 의해 만들어지는 시공간이다. 그리고 그것은 관측하는 사람의 운동 상태에 따라 달라지는 시공간이다. 우리는 시공간 속에서 살지만, 그 시공간을 형성하는 것은 바로 우리를 포함한 우주 전체다. 우리는 그런 상대론적인 우주에 살고 있다.

우주는 곧 '연기적 구성체'

일상생활에서 상대성을 느끼지 못 하는 이유는 우리를 포함하여 우리 주변의 물체가 지표면과 함께 움직이므로 지표면을 절대공간의 좌표계로 삼아도 대부분의 경우 괜찮기 때문이다. 그럼에도 불구하고 고전역학에서도 갈릴레이의 상대론이 성립하므로, 관측대상의 속도는 언제나 대상과 우리 사이에 형성된 연관성 위에서 결정된다. 그러므로 고전역학에서조차 대상의 관측치가 주관과 상관없이 관측대상의 물리적 속성만으로 결정되는 것은 아니다.

특수상대성 이론에서는 관측자의 운동 상태에 따라 관측대상의 속도 뿐 아니라 시간과 공간도 달라진다. 따라서 관측자와 상관없이 관측 행위 이전에 설정된 시간과 공간인 뉴턴의 절대시간과 절대공간의 개념은 부정된다. 각각의 관측자에게 서로 다르게 부여되는 공간과 서로 다르게 흐르는 시간은 관측이라는 행위를 통해 형성되는 시공간이다. 그건 관측자와 관측 대상 사이에 형성된 상대적 혹은 연기적 관계에 의해 구성되는 시공간이다. 여기서 더 나가 일반상대성 이론에서의 시공간은 우주의 존재자들에 의해 형성되는 시공간이다. 그러므로 일례로, 빅뱅 이전의 시간이란 생각할 수 없는 개념이다. 시공간은 우주의 구성물과 상관없이 주어지는 우주의 배경이 아니라 우주의 일부분이기 때문이다.

불교적 세계관의 바탕은 연기론이며, 연기는 크게 세 가지의 의미를 지닌다고 생각한다. 첫 번째 의미는 시간적 인과성이다. 이건 누구나 인정하는 것이지만, 상대론적 효과에 의해 원인과 결과의 뒤바뀜이 가능한 게 아닌가 하는 의문이 제기될 수 있다. 그러나 특수상대론에서 시간의 선후관계가 뒤바뀌는 것은 인과적 연관관계가 형성돼 있지 않은 경우에만 가능하다. 인과적 연관관계가 맺어져 있는 두 사건은 어떤 경우에도 선후관계가 바뀌지 않으므로, 시간적 선후 관계가 뒤바뀔 수 있는 특수상대론에서도 인과율은 부정되지 않는다.

연기론의 두 번째 의미는 상호연관성 내지는 상호의존성이다. 모든 존재는 연관과 의존의 관계 위에서 성립한다는 것이다. 그런데 일반상대론은 여기서 한 걸음 더 나가, 우주의 배경으로 생각했던 시공간까지 우주를 구성하는 존재자와의 연관성 위에서 형성된다는 것을 보여준다. 상호 연관과 의존의 관계가 존재자 사이에서만 성립하는 게 아니라 존재자와 시공간 사이에서도 성립한다. 이는 시공간이 우주의 단순한 배경이 아니라는 것이며, 시공간을 포함한 우주 전체가 연기적 구성체라는 것이다.

연기론의 세 번째 의미는 나에게 세계가 어떻게 나타나느냐, 대상이 우리 마음에 어떻게 그려지는가 하는 인식 과정에서의 연기에 관한 것이다. 대상과 관측자 사이의 상호 연관 관계에 의해 대상의 관측치가 정해진다는 것이 상대론이라면, '색성향미촉' 의 객관이 '안이비설신' 의 주관에 와 닿으면서 그 인연화합의 결과로 안식에서 의식까지의 식(識)이 형성된다는 것이 불교의 인식론이다.

관측자의 운동 상태가 어떠하냐에 따라 대상의 관측치가 달라지듯이, 아뢰야식과 말라식과 나에게 축적된 경험이 어떠하냐에 따라 나에게 나타나는 세계는 달라진다. 나에게 나타난 관측치가 그대로 관측대상의 물리적 속성이 아니듯이, 우리가 느끼는 바와 같은 '색성향미촉법' 이 그대로 객관 세계에 존재하는 것은 아니다. 그래서 '무색성향미촉법(無色聲香味觸法)' 이지만, 주관과 객관의 무한한 어우러짐에 의해 식의 세계가 인식 주관에게 나타난다. 그건 우리와 대상 사이에 상대적으로 혹은 연기적으로 만들어지는 그림이므로, 하나의 대상에 대해서도 누가 그 대상을 보느냐에 따라 서로 다른 그림이 그려진다. 이렇게 일수사견(一水四見)이 성립하는 상대론적이고 연기론적인 세계에 우리는 살고 있다.

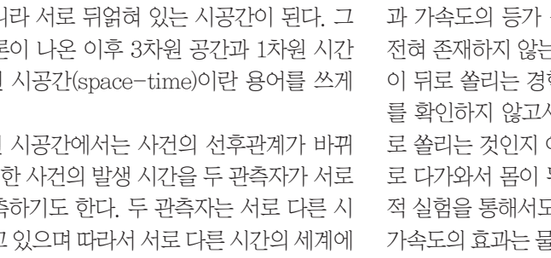
주문은 현불샵!
02)2004-8216
농협 053-01-269062
(주)현대불교신문사

세계 최초 수련 전용방석
기방
수련문화 활성화를 위한
기반은 품격이 다릅니다

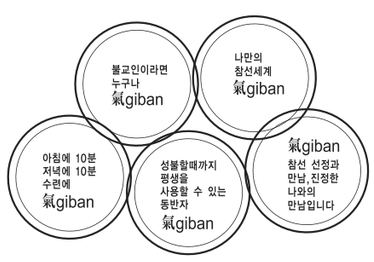
※ 제품의 특징 ※

인체공학적 설계로 신체의 좌·우 균형을 바르게 유지하며, 척추와 허리가 무리없이 바르고 자연스럽게 펴집니다. 보관과 이동이 용이하며, 어느 곳에서도 쉽게 수련 할 수 있습니다.

평상시에 사용하여도 척추와 허리를 보호하고 바른 자세의 습관을 갖는 효과를 줍니다. 고급 외피를 사용하여 물이 묻어도 스며들지 않습니다. VIP형은 하단부분은 최고급 폴리우레탄으로 균형을 잡았으며, 상단은 신소재 최고급 메모리폼을 내익하여 자연스럽게 자세를 더욱더 안정시켜 줍니다.



■ VIP형 ~~49,000원~~ ➡ 44,000원
[가로 45㎝ × 세로 32㎝ × 높이(뒷면) 8㎝]



www.hyunbulshop.com

희담석 건강용품

방사능력이 탁월한 희담석의 생명에너지로 건강과 활력을 찾으세요.

희담석 108 염주세트

값 30,800원
· 구성 : 108염주 + 합장주
· 크기 : 직경 10mm

* 희담석 염주는
· 어깨 결림 등으로 고생하시는 스님
· 목과 팔목이 늘 뻐근한 보살님
· 피로가 누적된 불자
· 온종일 책상에 있는 청년불자 들의 수행과 업무에 큰 도움이 될 것입니다.

* 희담석 활용 100% 활용 방법
희담석(염주, 합장주)을 하루에 한두 번 정도 몸에서 잠시(약 1분정도) 내려놓으세요.
몸에서 분리된 희담석은 그때까지 희담석이 머금고 있던 몸의 나쁜 기운을 내뿜은 후 원래의 희담석 상태로 되돌아갑니다.

www.hyunbulshop.com

☆희담석(稀潭石, Batu Hitam)이란?
화산 폭발시 용암과 함께 분출된 무기물이 오랜 세월을 거치면서 굳어진 화산석(현무암)의 한 종류입니다. 동남아 오지의 주민들이 예부터 치료용으로 사용해오던 것을 원적외선 파동검사등 성분 분석을 통해 인체에 유익한 에너지를 가진 것만을 엄선하였습니다. 희담석은 생명의 돌이라 불릴 만큼 분출되는 생명에너지의 양과 질이 뛰어납니다.

■ 주문 : 현대불교 현불샵 02)2004-8216 [농협] 053-01-269062 (주식회사) 현대불교신문사