

우주와 우리 인류에게 주어진 시간

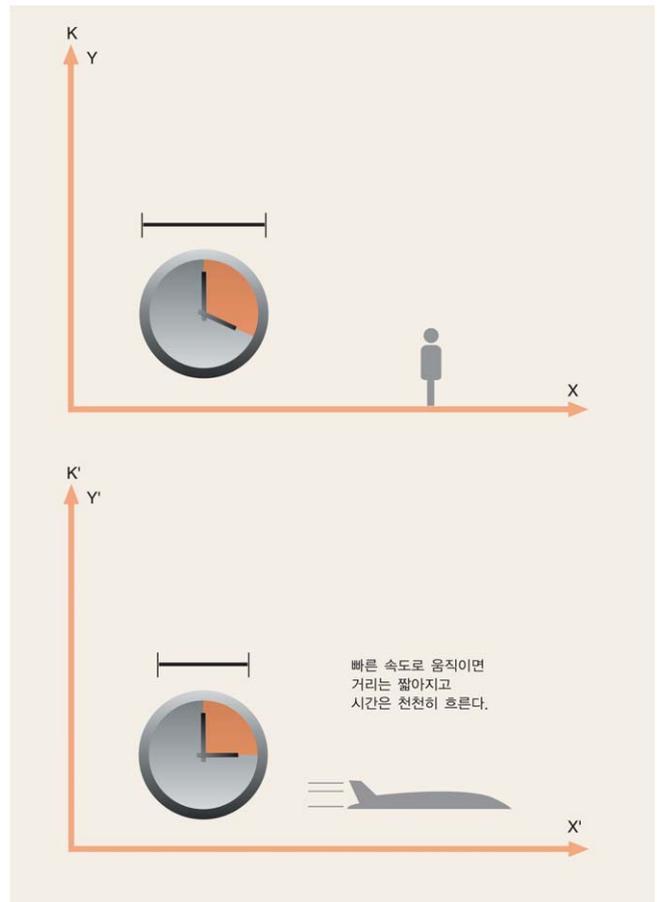
글 | 임성빈 _ 명지대학교 교수 sbimm@mju.ac.kr

우 리 우주는 지금도 팽창을 계속하고 있다. 팽창에 의해 은하들이 멀어지는 속도는 지구로부터의 거리에 비례하는데 이것을 허블상수라고 한다. 허블상수는 100만 광년을 기준으로 초속 15~30km 정도이며, 더 정확히는 15km에 가까울 것으로 보고 있다. 따라서 1억 광년 밖에 있는 은하는 초속 1천500km로 멀어지고 있는 셈이다. 별들의 단위집단인 은하는 평균 2천억 개 정도의 별들로 이루어져 있는데, 1억 개 미만의 작은 것으로부터 100조 개에 달하는 초대형도 있다. 지금까지 발견된 은하는 약 1천500억 개 정도이다. 이들의 약 77% 정도가 나선형 은하이며 타원형 은하가 20%이고 불규칙 은하가 3%, 그리고 소수의 기타 은하들로 되어 있다. 최근에는 은하의 개수가 1조 개는 될 것으로 추정하고 있다.

은하 밀집지역에서 은하 간 평균거리 100만 광년

현재 우주공간의 평균온도는 2.735°K인데, 이것은 빅뱅 때의 잔열이 우주배경복사로 남아있는 것이다. 그런데 이 우주배경복사는 우주 전역에 걸쳐 매우 균일하게 분포되어 있어 초기우주가 저엔트로피의 균질분포상태였으며 빅뱅 이후의 우주의 진화도 전 지역에 걸쳐 거의 비슷하게 진행되어 왔다는 것을 알 수 있다. 이 의미는 우주의 모습이 어디나 똑같다는 뜻은 아니며, 우주는 매우 다양한 모습을 가지고 있으나 수억 광년의 범위에서 평균을 취하면 매우 균일한 결과를 얻을 수 있다는 뜻이다.

우주공간은 그 안에 불규칙 은하 몇 개와 소량의 물질밖에 없는 거의 텅 비어있다고 한 엄청난 규모의 거품과 같은 공간들이 별



속도와 시간의 관계

집 형태를 이루고 있고 은하들은 이들 거품의 경계면에 해당하는 곳에 몰려 있다. 이들 거품의 크기는 지름이 1억5천만 광년에서 무려 8억 광년에 달하는 것도 있다. 은하들은 이들 경계면에서 수십 개씩 무리를 지어 크기가 수백만 광년에 달하는 은하군을 형성하고, 또 이들 은하군이 모여 크기가 1천만 광년 정도이며 수백~수천 개의 은하가 무리를 이룬 은하단을 구성한다. 그리고 은하단들이 모여 초은하단을 이루는데 그 크기는 수천만 광년에 달하며, 이와 같이 은하들이 밀집해 있는 곳에서의 은하와 은하 사이의 평균거리는 약 100만 광년 정도이다.

이들 별무리 중에는 길이가 5억 광년, 폭 2억 광년, 두께 1천500만 광년에 이르는 수천 개의 은하가 몰려있는 은하단이 있는데 여기에는 '거대장벽'이라는 이름이 붙어 있다. 또 우리 은하와 약 1억 광년 떨어진 곳에는 우리 은하보다 약 1만 배나 많은 물질들을 지닌 거대중력원이 있어 우리 은하를 비롯한 주변의 은하들을 끌어당기고 있다. 그리고 그 너머 약 3배 정도의 거리 뒤에는 거대중력원보다도 1만 배나 더 많은 물질들을 가지고 있는 초은하단인 세이플리 집단이 존재하고 있다. 그리고 종족Ⅱ 별들이 만들어질 때는 행성들이 만들어지지 않았으나 종족Ⅰ 별들이 만들어질 때는 대부분 행성과 같이 만들어졌기 때문에 우리 은하에는 물론 다른 은하에도 태양계와 같은 행성계가 수없이 많이 존재하고 있으며 지구와 비슷한 조건을 가진 행성도 무수히 많을 것이다.

아인슈타인 “우주는 크기 유한하나 경계 없는 공간”

아인슈타인이 생각했던 우주의 모습은 크기는 유한하나 중심도 없고 경계도 없는, 2차원이라면 풍선의 표면에 해당하는 3차원 초

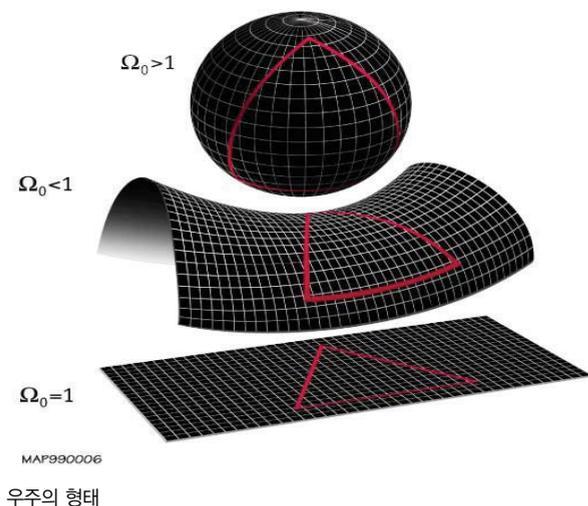
구체가 이런 특성을 가진다. 이것은 수학적으로는 양(+)의 곡률을 가지게 되는데 아인슈타인의 방정식에 의하면 우주상수의 값에 따라 우리 우주는 수학적으로 양뿐만 아니라 0(영)이나 또는 음(-)의 곡률을 가질 수도 있다. 곡률이 0이라는 것은 우주가 모든 방향으로 영원히 확장될 수 있고 크기는 무한하거나 또는 유한하지만 경계가 없는 평평한 공간이라는 뜻이다.

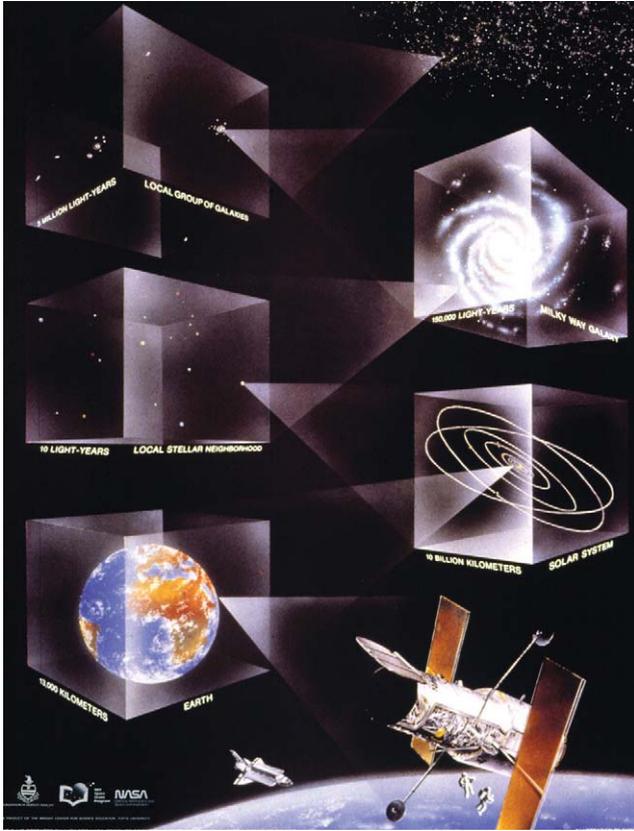
4각형 화면을 가지는 비디오게임에서 위쪽 경계로 사라진 화면이 아래쪽 경계에 이어져 나타나고 왼쪽 경계로 사라진 화면이 오른쪽 경계에 이어져 나타나며 그 반대도 성립한다면 화면의 크기는 유한하나 경계는 없는데 이런 면을 '2차원 원환면'이라고 한다. 마찬가지로 주사위와 같은 6면체의 각 면이 반대편의 면과 각각 연결되어 있어서 한 면에서 사라진 물체가 반대편의 면에서 이어져 나타나게 되면 역시 크기는 유한하나 경계가 없는 공간이 되는데 이것을 '3차원 원환체'라고 하며, 이것 역시 아인슈타인이 생각한 우주의 모습과 같은 특성을 가지게 된다.

이 때 우주의 질량과 에너지밀도는 어떤 임계값, 즉 임계밀도가 되며, 따라서 실제 밀도와 임계밀도의 비를 오메가(Ω)라고 한다면 오메가는 1이 된다. 오메가가 1보다 작으면 우주는 음의 곡률을 가지게 되는데 이런 평면은 한없이 큰 말안장과 비슷해서 앞뒤로는 위로 휘고 좌우로는 밑으로 휘어 공간이다. 그리고 오메가가 1과 같거나 작아서 우주가 0이나 음의 곡률을 가지게 되면 우주는 팽창하려는 힘이 팽창을 저지하려는 중력보다 같거나 커서 영원히 팽창을 계속하게 된다. 반면, 오메가가 1보다 크면 우주는 양의 곡률을 가지게 되고 우주는 팽창력이 중력보다 작아서 언젠가는 팽창을 멈추고 대수축을 시작하여 빅뱅의 역과정이 일어나게 될 것이다.

수백억년 후 은하·별 소멸, 블랙홀도 폭발

현재까지 관측된 우리 우주의 질량-에너지밀도는 임계밀도의 약 3%에 불과하며 지금까지 알려진 암흑물질의 밀도는 임계밀도의 약 27% 정도이므로 이들을 다 합쳐도 오메가는 30% 정도밖에 안 된다. 그런데 최근의 연구에서 우주공간에는 이들 외에 암흑에너지가 존재하고, 이들은 정상물질 및 암흑물질을 합한 실제물질과 함께 오메가 결정요인으로 작용할 뿐만 아니라 우주가 팽창하여 실제물질의 질량-에너지밀도가 낮아지면 그만큼 더 생겨나 오메가를 1.0 또는 1.0에 가깝게 유지시켜주며, 우주를 팽창하게 하고 팽창속도를 가속시키는 성질이 있다는 것도 밝혀졌다. 따라서 우리의 우주는 평평하고 실제물질의 질량-에너지밀도가 상대적으로 크던





우주의 규모와 크기 © www.tufts.edu)

우주 초기에는 암흑에너지의 밀도가 작았으나, 우주의 팽창과 함께 실제물질의 질량-에너지밀도가 감소함에 따라 암흑에너지의 밀도는 점점 더 커졌지만 그 값이 50%를 넘기 전인 대략적으로 대폭발

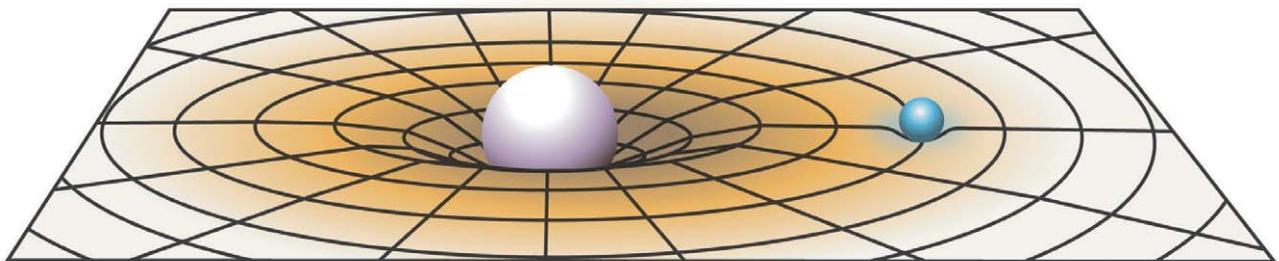
이후 70억 년까지는 중력이 상대적으로 더 커서 팽창속도는 점점 줄어들었을 것이다. 이것은 관측결과와도 부합된다.

그러나 암흑에너지의 밀도가 50%를 넘은 후에는 실제 밀도에 비해 상대적으로 점점 더 커짐으로써 팽창속도는 점점 더 빨라지고 있으며, 앞으로도 영원히 가속적으로 증가할 것이다. 그리고 수백억 년이 지나면 은하들은 희미해지기 시작하고, 결국은 별들도 모두 사라질 것이며, 나중에는 블랙홀마저 폭발해 버리고 우주는 차고 어두워져 서서히 식어가는 광자, 중성미자, 전자와 양전자들의 복사를 가득 채운 채 영원 속으로의 여행을 계속할 것이다.

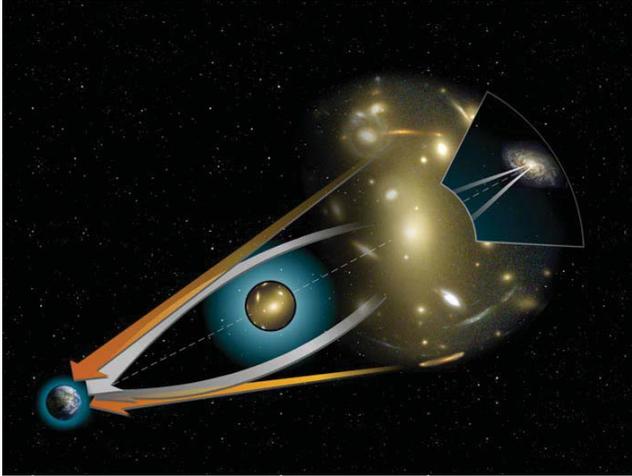
그러나 이 모든 것은 우주의 지평선 내에서 관측한 결과에 의한 것이므로 그 너머에 무엇이 있느냐에 따라 달라질 수도 있으며, 또 그런 일이 일어난다고 해도 그것 역시 아주 먼 훗날의 일이 될 것이다. 그리고 더욱 중요한 것은 우리 우주가 언제까지 지속될 것이냐가 아니라 우리 인류가 우리에게 주어진 시간안에 얼마나 빨리 지금과 같은 정치적, 경제적, 사회적, 종교적 분열과 갈등과 혼돈에서 벗어나 더 높은 차원으로의 진화를 이룩함으로써 참으로 즐겁게 살 만한 가치가 있는 인간사회를 이룰 수 있느냐 하는 것일 것이다.

빅뱅과 함께 시작된 시간과 공간, 그리고 시공간

시간은 물질우주와 마찬가지로 빅뱅과 더불어 비롯되었다. 빅뱅은 북극점과 같은 일종의 특이점으로서 북극점보다 더 북쪽은 없고 어느 쪽이든 남쪽이듯이 빅뱅 이전은 존재하지 않으며 오로지 이후만 있을 뿐이다. 빅뱅 이후 시간은 흐르고 흘러 오늘날까지 왔다. 그러나 물리학의 세계에서는 시간의 흐름이나 경과는 존재하지 않



중력장



중력렌즈효과 (CNET 의 환타지아 / www.stsci.edu)



중력렌즈효과의 실례 (NASA)

으며 각각의 시점만이 존재한다. 더욱이 이들 시점은 임의로 옮겨질 수 있으며 그런 임의의 시점으로부터 생긴 시간간격만을 시계로 측정할 수 있을 뿐이다. 그나마 누구에게나 똑 같은 순간이 되는 시각이나 똑 같은 속도로 흐르는 시간, 즉 누구에게나 공통적인 절대 시간은 존재하지 않으며, 그가 어디에 있고 어떤 속도로 움직이는냐에 따라 모두 다르다.

실제로 광속(초속 30만km)으로 움직이는 입자에게는 시간이란 존재하지 않으며 미시의 세계에서는 시간이 역행한다고 해도 아무런 문제도 생기지 않는다. 그러나 거시의 세계에서는 과거는 기억되고 기록될 수 있으나 미래는 그렇지 못하고, 엔트로피는 시간에 따라 증가하며 우주의 팽창 역시 시간에 따라 진행되고 있기 때문에 시간은 미래라는 한 방향으로만 흐른다고 보게 되는데 이것을

‘열역학적 시간의 화살’ 이라고 한다. 또 생명체들에게 있어서는 세포 안에 있는 가변적인 화학적 평형상태의 주기가 시간개념과 결합되어 있어 시간의 흐름을 느끼게 된다.

공간은 중력이 작용하는 장으로서 역시 빅뱅과 더불어 비롯되었다. 현재 우리들이 살고 있는 공간은 전후, 좌우, 상하의 3차원으로 되어있고 시간과 같은 방향의 제약은 가지고 있지 않다. 또 물체를 담고 있는 각각의 공간은 각 물체의 중력에 따라 각각 다른 곡률로 휘게 되고 이러한 중력장 안에서 움직이는 물체는 가상의 중력선을 따라 이동하게 된다. 즉 유클리드적 동질의 공간, 즉 절대공간은 존재하지 않으며 공간은 물체가 어떻게 움직일 것인가를 알려주고 물체는 공간이 어떻게 휘 것인가를 알려주는 것이다.

그래서 중력에 의해서 휘어진 공간에서는 빛조차 휘게 되는데 예를 들어 멀리 있는 두 별이 지구와 일직선을 이루고 있을 때는 앞에 있는 별이 뒤에 있는 별에서 오는 빛을 굴절시킴으로 뒤에 있는 별을 여러 개로 보이도록 한다. 또 경우에 따라서는 무거운 별이 근처를 지나가는 별빛을 휘게 하여 본래의 별빛과 중첩시킴으로 별을 더욱 밝게 보이도록 하는데 이런 현상을 ‘중력렌즈 효과’ 라고 한다. 또한 중력은 가속운동과 물리적으로 같은 현상으로 중력을 느낀다는 것은 가속운동을 하고 있다는 뜻이며, 이것을 ‘등가원리’ 라고 한다.

그런데 시간과 공간은 분리되어 있는 것이 아니라 3차원 공간에 시간이 결합된 4차원 시공간으로서 같이 연결되어 있으며, 이것은 절대적인 것이 아니라 매우 역동적인 것으로서 질량과 에너지의 분포에 따라 얼마든지 변할 수 있는 것이다. 그리고 아인슈타인의 특수상대성이론은 우주 안의 모든 물체가 시공간 내에서 항상 광속으로 이동하고 있어 비록 공간상에서는 정지하고 있더라도 시간을 따라 광속으로 이동하고 있는 것이며, 공간상에서 어떤 속도로 이동할 때에는 그만큼 시간을 따라가는 속도가 늦어져 시간이 느리게 진행되는 것이라고 설명하고 있다. 그러나 최근에 등장한 ‘초끈이론’ 과 ‘M-이론’에서는 우주가 10차원 또는 11차원 시공간이기를 요구하고 있어 우리에게 지금 아직도 장막에 가려있는 6~7개의 차원이 더 있을 수도 있다. ㉔



글쓴이는 서울대학교 토목공학과 졸업 후 동대학원에서 석사·박사학위를 받았다. 한국교통문제연구원 원장, 명지대학교 공과대학장·교통관광대학원장·문화예술대학원장 등을 지냈으며, 현재 서울특별시 무술협회 회장, 한국바둑학회 회장 등을 겸임하고 있다.