

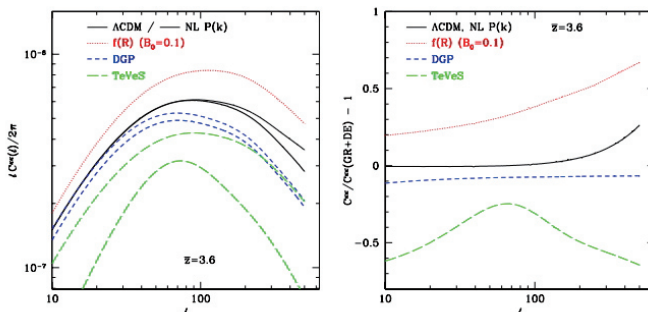
거시 구조를 이용한 가속 우주팽창의 원인 규명

글_이석천·고등과학원 물리학부 연구원

현재 우주론은 초기의 빅뱅이론(Big Bang theory)을 바탕으로 우주의 급팽창(cosmological inflation)을 통해 우주 초기 조건을 구하고, 이를 통해 우리가 관측하는 우주배경복사(cosmic microwave background radiation)나 거시구조(large scale structure)를 잘 설명할 수 있다고 알려져 왔다. 이에 따르면 초기 빅뱅에서 시작된 우주의 팽창은 중력에 의해 그 팽창 속도가 감속하여 야만 한다. 하지만, 1998년 초신성(Supernova Type Ia) 폭발로부터 관측된 현재의 우주 팽창은 가속 운동을 함이 밝혀졌고, 이 현상을 설명하기 위해서는 음의 압력을 가지는 암흑에너지(Dark Energy)로 알려진 새로운 물질의 도입이 불가피한 상황이다.

이 특이한 성질을 가진 암흑에너지의 후보군 중에는 아인슈타인(Einstein)이 처음 도입한 우주 상수(cosmological constant)가 있다. 물론, 아인슈타인이 처음 도입했던 우주상수는 팽창하지 않는 우주 모델을 만들기 위해 도입된 개념이었다. 만일, 암흑에너지가 우주상수라면 빅뱅이론에서 얻어지는 우주배경복사나 우주의 거시구조 관측들로부터 얻어지는 결과들은 우주에 존재하는 물질들은 73%의 우주상수, 23%의 암흑물질(dark matter)과 4%의 보통물질(baryons)들로 구성되어야 함을 보여준다.

하지만, 우주론이 발전하면서 이런 특이한 암흑에너지 외에 현재의 우주 가속 팽창을 설명할 수 있는 다른 방법들이 제기 되었다. 이런 방법론 중 하나가 우리의 우주가 거대한 구조에서는 아인슈타인의 일반 상대성이론(general relativity)을 따르지 않고, 변형된 중력이론(modified gravity theory)을 따를 수 있다는 이론이다.



〈그림 1〉 우주상수와 변형중력 이론들의 중간치 적색변이 $z=3.6$ 에서의 Shear-shear auto-correlation. 우측 패널은 각 모델과 우주상수 모델 사이의 auto-correlation의 차이 값. Copyright-F. Schmidt (2008)



암흑물질과 변형중력이론은 현재의 가속팽창 우주를 기술하는 방법으로 우주의 정형화된 거리를 측정하는데 동일한 효과를 보여준다. 즉, 우주의 거리를 측정하는 방법으로 사용되는 허블상수(H)나 이들의 적분 값으로 기술되는 광도거리(luminosity distance)나 각도거리(angular diameter distance)는 초신성의 광도거리나 우주배경복사 섭동 스펙트럼(power spectrum)의 첫 번째 최대치 값에 의해 관측적으로 얻어지며, 이를 통해 두 이론 각각의 모델 변수들을 고정시킬 수 있다. 그러므로, 거리 측정만을 이용한 관측을 통해서만은 두 이론 중 어떤 이론이 우리 우주를 지배하는 이론인지 구별할 수 있는 방법이 없다.

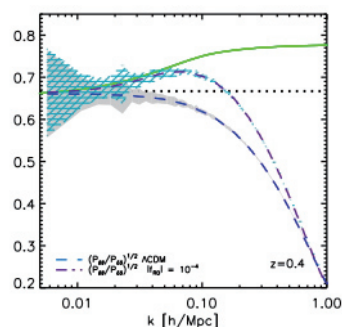
그러므로, 두 이론 사이의 구별이 가능한 관측방법이 요구되는데, 이는 우주의 거대구조를 통해 얻을 수 있다. 물질의 섭동량을 이용한 물질의 파워스펙트럼은 그 섭동량의 성장을 일으키는 물질의 포텐셜과 관련이 있는데, 이는 암흑물질의 경우와 변형 중력이론에서 서로 상이한 형태를 보이고, 이 두 이론에서 예측되는 차이가 우리가 관측하는 우주의 거대구조에 서로 다른 모습으로 나타날 수 있다.

이를 위해 빛이 중력장을 통과할 때 생기는 경로 굴절 현상이 이용될 수 있다. 이는 중력렌즈(gravitational lensing)라고 명명되는데, 이를 통해 우주의 스칼라 포텐셜의 합의 크기를 구할 수 있다. 또한, 은하(galaxy)나 은하단(galaxy cluster)의 속도 측정을 통해 우주의 스칼라 포텐셜 중 시간의 섭동에 관련된 양을 구할 수 있다. 두 이론 사이에 두 스칼라 포텐셜의 상이한 형태를 발견할 수 있다면, 우리의 가속우주팽창의 원인을 규명할 수 있는 것이다.

이를 위해 고등과학원에서는 Sloan Digital Sky Survey(SDSS) 연구에 참여하고 있으며, Baryon Oscillation Spectroscopic Survey(BOSS)에 지속적으로 참여하고 있다.

참고문헌

1. F. Schmidt, Phys. Rev. D 78, 043002 (2008).
2. E. Jennings, et.al Mon. Not. Roy. Ast. Soc. 425, 2128 (2012).



〈그림 2〉 우주상수 모델과 변형우주론에서의 속도와 물질의 파워스펙트럼 비.

Copyright-E. Jennings et.al (2012)