

膨張宇宙における 2 体相関関数の

自己相似的成長に関する解析

矢野 太平

大阪大学理学部宇宙地球科学科宇宙進化研究室

現在、我々の宇宙では、銀河が集団化してできた銀河団、超銀河団さらに、銀河がほとんど存在しないボイド領域といった宇宙の大構造が存在しているが、このような構造が宇宙の誕生以後、現在に至るまでにどのようにして形成されてきたかということは今だに十分には明らかにされていない。そしてこれらを明らかにすることは、宇宙論の最重要課題のひとつと思われる。

ビッグバン膨張宇宙モデルでは、一様に存在する宇宙の物質に対して、宇宙の初期に何らかの原因で生じた微小な密度揺らぎが、時間とともに重力不安定により成長し、星、銀河、銀河団といった様々な階層の構造が形成してきたと考えられている。よって、このような、宇宙の構造形成問題を考えるには、膨張宇宙での密度揺らぎ成長の物理過程が基礎になっており、それを明らかにすることが重要であると思われる。

そこで、ここでは簡単にするため銀河や銀河団といった特定の天体ではなく、ダークマター等の一般の無衝突重力物質の揺らぎの成長について考える。

初期に与えられた密度揺らぎの発展は初期段階で、揺らぎが十分小さい時には線形理論を用いることができる。それを用いることで、宇宙の晴れ上がり以後輻射との相互作用が切れて、自由に成長できる時には物質の密度揺らぎがどのように成長するかは解析的に理解されている。この揺らぎの振幅が 1 程度に成長し、準非線形段階になってくると、線形理論を用いることはできなくなるが、摂動的解法や Zel'dovich 近似解というものが知られている。しかし、さらに成長し、揺らぎの振幅が 1 を大きく越えて無衝突物質分布の caustics が発生した後の強い非線形成長段階での解析的アプローチは非常に困難となる。

しかし、この非線形性が生み出す現象は理解が困難ではあるが、その分非常に興味深いものである。その一つとして、膨張宇宙での物質分布に関する密度揺らぎの 2 体相関関数の非線形領域 (small scale) での特徴がある。この 2 体相関関数は、様々な N 体シミュレーションの結果等から、非線形領域で巾則に従うとされている。これは、この系を支配する重力の法則に特徴的なスケールが入らないことに依る。この 2 体相関関数が巾則に従う時の巾指数は重力による非線形効

果をあらゆる物理量のうちの一つであり、これを調べることは、重力による非線形現象を理解するうえで非常に大切であり、必要不可欠なことであると思われる。

実際、2体相関関数の巾指数については今までに様々な人により調べられてきた。しかし、統一的な見解に達しておらず、実現される巾指数の値は人によって異なった値を主張している。初期条件依存性に関して、ある人は初期条件に依るといったり、またある人は初期条件に依存しないといたりしている。このように、巾指数に関しては今までに十分な理解がなされていなかった。そこで私はこの解析に有用な BBGKY 方程式を用いて、解析を行なった。そのところ、3体相関関数、速度のスキューネス、2粒子平均相対速度と、2体相関関数の巾指数にある関係が存在することを導くことが出来き、その関係を明らかにした。さらに、非線形領域での2粒子平均相対速度に関しては成長した揺らぎが宇宙膨張から切ることから、今まで、0になるとされていたが、相対速度は0から、ハッブル宇宙膨張の速度の範囲を取ることが分かった。また、この結果に応じて、自己相似解が存在する時の巾指数の取り得る範囲を明らかにし、その一つの極限では初期条件に依存する解を導き出していた人の解に一致し、もう一つの極限では初期条件に依存しない解を導き出していた解に一致することがわかった。

参考文献

Yano, T & Gouda, N. 1996 preprint (astro-ph/9605032)