

10 宇宙大規模構造の形成

宇宙形成の初期には、いたるところに物質がほぼ一様にひろがっていたと考えられている。そのような状態から、物質間のわずかな密度差が重力によって発達し、銀河や銀河団などの多様な構造が生じた、という理論が現在主流となっている。

ビデオ映像は、物質の構造が発達してゆく過程を上記の理論に基づいてシミュレートした結果を示している。初期の物質の分布にわずかな密度差（ムラ）があると、密度の高いところは重力によって周囲の物質を集め、密度がより一層高くなる。密度の高い部分はこのようにして合体成長を繰り返し、最終的に画面中央に見えるような巨大な銀河団が生じる。これらの大きさは、画面の端から端までが約約 4 千万光年であることを目安に判断できる。参考までに、私達のいる銀河系の直径は約 10 万光年、太陽系の直径は約 10 光時間（光が 10 時間で進む距離。約 100 億 km。）、地球から月までの距離は約 1 光秒（光が 1 秒で進む距離。約 40 万 km。）である。シミュレーションでは、同じ質量をもった数多くの粒子の集まりとして物質の分布を表現している。つまり沢山の粒子が集まっているところは密度の高い部分、粒子があまり集まっていないところは密度の低い部分を表している。ビデオに示した映像は、物質の密度分布を画面方向に投影し、それに色をつけたものである。密度の高い部分には白い色、低い部分には青い色をつけてある。本物の銀河や銀河団がビデオ映像のような色をしているわけではない。宇宙にある物質の大部分は光を発しないので、残念ながらビデオで見えるような派手な構造を肉眼で捉えることはできない。

シミュレーションは次のようにして進める。まず開始時点（宇宙誕生から約 1 億年）ではほぼ一様に粒子をバラまく。そして各粒子に他の全ての粒子が及ぼす重力を計算する。粒子に働く重力がわかると、粒子がどの方向へどのくらい移動するかを計算できるので、その計算結果に応じて各粒子の位置を少し動かす。更新した位置で再び各粒子に他の全ての粒子が及ぼす重力を計算し、その結果に基づいて再度位置を更新する。このような手続きを延々と数千回ほど繰り返し、終了時点（現在。宇宙誕生から約 100 億年。）までをシミュレートする。

シミュレーションにはできるだけ多くの粒子を用いることが望ましい。粒子を多く用いれば、物質の分布をより細部まで正しく表現できるからである。数多くの粒子を用いるためにはできるだけ高速なコンピュータが必要となる。本シミュレーションでは MDGRAPE-2 という特別な計算機 8 台を約 2 週間ほど使用して、これまでに行われた同種のシミュレーション中、世界最大規模の粒子数（約 6 千万個）を用いて計算を行った。MDGRAPE-2 は理化学研究所で開発した、粒子間の力を計算するためのコンピュータである。これは力の計算しか行えない専用計算機だが、そのかわり計算速度は市販のパソコンなどに比べると 100 倍以上高速である。

このシミュレーションの初期の粒子分布作成は福重俊幸（東大）が行った。計算と可視化は川井敦（元理研、現埼玉工業大学）が行った。