

宇宙は何でできている？

宇宙観測の進展は大きな謎ももたらしました。

暗黒物質の謎：光学的に直接観測できないにもかかわらず、宇宙の大規模構造形成で重要な役割を果たし現在も銀河を取り巻いて重力を及ぼしているという暗黒物質の存在が確実視されていること。

暗黒エネルギーの謎：重力がはたらく限り膨張する宇宙は引力によって必ず減速するはずなのに、実際は宇宙膨張が加速していること。宇宙は膨張しながら暗黒エネルギーとよぶエネルギーを生み出しているらしいこと。

私たちが理解できている（水素やヘリウムなどの）物質は宇宙の全エネルギーの5%程度に過ぎません。暗黒物質は未知の素粒子ではないかと考えられていて、宇宙のエネルギーの約4分の1を担います。暗黒エネルギーは約70%をも占めていますが、真空をもっと理解しなければ、それがなんであるのかもわからないと考えられています。

エネルギーでみた宇宙の構成比に対して、粒子数でみると様子が一变します。既に知られている物質を構成する粒子は、6つのクォーク（u,d,c,s,t,b）と6つのレプトン（電子、ミューオン、タウ、電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノ）です。これらには反粒子もあります。これらのうち宇宙に物質として安定的に存在しているのは、原子核を構成する陽子や中性子の成分であるuクォーク、dクォークと、原子核の周りを回る電子です。これらの粒子の宇宙全体での存在密度は1cm³あたりたった1億分の1個程度です。ところが、ニュートリノは3種類とも存在しており、平均密度はなんと1cm³あたり300個にもなります。つまり、存在数から考えると宇宙はニュートリノでできているのです。このニュートリノは宇宙背景ニュートリノとよばれ、ビッグバン後0.1秒程度に作られ、現在1.9Kの温度で宇宙に満ちていると考えられています。このニュートリノはいまだ観測されておらず多くの研究者がいつかは観測してやろうとアイデアを絞っていますが、実現にはまだまだ時間がかかりそうです。ちなみに地球上では、太陽から来るニュートリノが1cm²あたり1秒あたり660億個もあり、痕跡を残さずに通り過ぎていきます。

ところで、暗黒物質が既知のニュートリノではないことは知られているのですが、一方で未知の4世代目あるいは5世代目のニュートリノがあるかもしれ

ない兆候がそこかしこで観察されています。これは、輪をかけて反応性に乏しいためステライル（不感の）ニュートリノと呼ばれています。ステライルニュートリノがもし存在するのなら、暗黒物質の一部あるいは多くを担っているかもしれません。

ステライルニュートリノを直接観測することは難しいですが、ニュートリノ振動を通してなら観測できるかもしれません。これまで、ニュートリノ振動研究は遠距離での観測が主流でしたが、ステライルニュートリノの影響はずっと近い距離数m程度で効いてくると考えられています。カムランドの様な直径13mもある装置なら、ステライルニュートリノが影響したニュートリノ振動を精度良く測定できる可能性があります。

また、そもそも宇宙初期の少し（10億分の1程度）のアンバランスが現在の物質を生き残らせたのですが、暗黒物質が物質よりエネルギー密度で5倍あるとはいえ、10億分の1の相殺から見れば、物質も暗黒物質も同じような量であるとも言えます。物質を生き残らせた原因が「右巻き」ニュートリノにあるなら、同じ原因が暗黒物質を生き残らせたのではないかという理論的な研究も進んでいます。

物質の起源を究明する鍵はニュートリノにあるということは間違いなさそうです。