

## 文部科学省 情報ひろば 『サイエンスカフェ』

主催：日本学術会議、文部科学省  
日時：平成26年1月17日（金）19：00～20：30  
場所：文部科学省情報ひろばラウンジ（旧庁舎1階）  
講師：村山 斉さん（日本学術会議連携会員、アメリカ芸術科学アカデミー会員  
カリフォルニア大学バークレイ校物理学教授、  
東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構長）  
ファシリテーター：黒田玲子さん（日本学術会議会員、東京理科大学総合研究機構教授）  
参加人数：36名

宇宙の始まりはいつなのだろうか、宇宙に終わりはあるのだろうか、宇宙はどんな仕組みで動いているのだろうか。それは人類が誕生以来ずっと持ち続けてきた疑問かもしれません。物理学と数学が連携してその謎の解明に迫ろうとするのが、東京大学のカブリ数物連携宇宙研究機構。6年前につくられたこの新しい組織の機構長としてアメリカの大学から招かれたのが、まだ40代前半の村山さんでした。今日は村山さんに、「宇宙の果ての向こう」というテーマでお話をしていただき、参加者からは質問や意見を発表していただきました。



### 暗黒物質とブラックホール

私たちの太陽系は、銀河系の中心から28,000光年も離れたところを毎秒220kmという速さでグルグル公転しています。それだけの猛スピードでも太陽系が飛び出していないのは、星の重力だけではなく何か太陽系を引っ張ってつなぎとめてくれているからと考えられます。その何か宇宙の8割を占めると考えられている暗黒物質です。銀河系は暗黒物質に満たされた海で、その中に星が集まっているのです。

天の川銀河を20年ぐらい観測し続けてみると、銀河中心付近の星の動きがある場所で極端に速くなることがわかりました。これはものすごい力でこの星が引っ張られているため、それは近くに太陽の400万倍の重さを持ち、光さえも吸い込んでしまうブラックホールが存在しているからだわかりました。銀河系全体の重さは太陽1,000億個分といわれていますが、星々の数やブラックホールを足し合わせてもそれだけの重さにはとても及びません。その質量差を補うものが星でもブラックホールでもない、暗黒物質だと考えられているのです。

### 望遠鏡と加速器は過去の宇宙を知るためのタイムマシーン

20億光年先の銀河団の写真を御覧に入れます。ここに長い線状のものが写っていますが、これは光が観測地点の望遠鏡へ届く間に重力に引っ張られて落ちる（曲がる）こと



もずっと小さく、濃くて熱いスープのような状態だったと考えられています。そのなかで物質のもとになる素粒子などが、どんな状態だったかを実験室のなかで再現するために作られたのが加速器です。加速器は望遠鏡で観測できない宇宙の果ての向こう、つまりビッグバンから38万年後よりもさらに前の、ビッグバン直後の宇宙の状態を知るための装置なのです。

## 暗黒物質は弱虫

ビッグバン直後（100億分の1秒後）に暗黒物質は出来ていたと考えられています。暗黒物質に濃淡が生じたことから星が出来てやがて地球に生命が発生したことを考えると、暗黒物質は私たちの生みの親だともいえます。

暗黒物質は、WIMP“弱虫”と呼び名を付けられています。この暗黒物質は私たちの体の中を毎秒何千万個も通り抜けているのですが、まだ発見されていません。では、見えないものをどうやって見つけるのか？それは、加速器の中で陽子同士を正面衝突させてその結果のデータを解析集計し、ぶつけ合った元のものから差し引いて足りなくなっているもの（観測できなかったもの）が暗黒物質だと考えられます。まだ見つけることに成功していません。

## 宇宙の始まりに迫る

宇宙はどちらの方向を向いて温度観測しても、結果はほとんど同じ温度が示されますが、これは実は不思議なことです。どの方向もほぼ同じ温度だということは、宇宙が元々は小さな一つのものから始まった証拠といえるのです。計算上では、現在138億光年の広がりがある宇宙は、誕生の直後には原子1個よりも小さかったのです。ビッグバン直後から始まった、宇宙が膨張（インフレーション）していく様子を観測するには望遠鏡では見ることができませんが、宇宙が広がっていくときの空間の揺らぎ（重力波）の度合いを調べることで、それを観測することができるようになります。

宇宙の始まりはどうなるのでしょうか。どんどん広がっている宇宙は過去にさかのぼると縮んでいき、しまいにはぐしゃっと潰れてしまうと言われています。そうするとその中のエネルギーは無限大となってしまい、物理学者はお手上げの状態になってしまいます。そこで、車椅子の天才科学者として知られているホーキング博士は、潰れない端っこがないつるんと丸まった宇宙というものを想定しましたが、このような理論を「無

から起きた現象です。このゆがみ具合を測定することでどれだけの重力で引っ張られているのかが分かる。つまり暗黒物質がどこにどれだけあるのかが分かるのです。このような現象を観測した望遠鏡のひとつが、ハワイ州のマウナケア山に設置された日本の“すばる望遠鏡”です。

望遠鏡から見える限界はビッグバンから38万年後の宇宙。そこまで昔にさかのぼることができました。その頃の宇宙は今より

境界仮説」といいます。一方、素粒子は点ではなく「ひも」状のものでできているので、宇宙を潰そうと思っても中がつかかえて潰れない、つまり無限大にならないという「ひも理論」というものもあります。

### 村山さんと参加者との質疑応答の一部を紹介します

Q) 暗黒物質は宇宙のそこらじゅうに存在しているのでしょうか？

A) 太陽系では遠くに行くほど動きが遅くなりますが、それは重力が弱くなるからです。しかし、銀河系では遠くに行っても星の動きは遅くならない、これは重力によって引っ張れるからと考えられますが、このことは重力のもととなる暗黒物質が星もまばらになる遠くまで存在しているためです。



Q) ビッグバンの光はこれから1億年後も地球に届くのでしょうか？

A) 今、地球に届いているのは138億光年先のビッグバンの光です。1億年後には139億光年先のビッグバンの光が地球に届きます。もちろんエネルギーを徐々に失って弱くはなっているでしょう。

Q) 暗黒物質は“弱虫”だということですが、生き残りはたくさんあるのでしょうか？また、暗黒物質同士の相互作用はないそうですが、集まる仕組みはあるのでしょうか？

A) 生き残りは少ないです。絶対数は少なく、宇宙のどこにでもあるニュートリノと比べると100億分の1程度の個数だと考えられています。個数は少ないのですが一個一個が非常に重い物質なので、宇宙全体で総計すると大きな影響力を持つのです。

宇宙が広がっていくにつれてそこを飛び回る暗黒物質は勢力を失っていきます。反応はしないのですが勢力を失いながらすれ違いを重ねるうちに、（やがては星を形成するような）ガスを集める程度の重力を有する暗黒物質の集まりになるのです。

Q) リニアコライダーではビッグバンからどれだけ時間が経った状態を再現できるのですか？物質を加速するのは電波を用いるのですか？

A) さきほど、暗黒物質ができたのがビッグバンの100億分の1秒後と説明しましたが、リニアコライダーではビッグバンの1兆分の1秒後というもっと宇宙の始まりに近づいた状態を再現できます。ちなみに、今の技術のままでさらに宇宙の誕生に近づこうと思うと、銀河系ほどの大きさの加速器が必要になります。

加速器では、携帯電話や電子レンジで使われているのと同じようなマイクロ波が使われています。実は加速器は日本でも何千台もあります。その多くは病院の設備で、がんの診断などに使われているものです。

Q) 先ほど紹介いただいた、セルン（欧州合同原子核研究機関）の加速器（LHC）実験では陽子と陽子をぶつけるということでしたがプラスの電気をもつ物質同士だとぶつかりにくいと思うのですが？

A) 陽子は粒が大きいのでそれほど絞らなくてもぶつけることができます。アメリカの加速器実験では陽子と反陽子をぶつけるものでしたが、反陽子を大量に作り出すのは大変ですし、陽子のプラス帯電の反発力がそれほど強くはないため、陽子同士でも比較的容易に衝突できるということでLHC実験では、陽子同士を用いています。



#### ファシリテーターから \*\*\*\*

宇宙の話は何かワクワクして、面白いんだけど難しく、普段の生活に全然関係ないようでいて実は密接な関係がある。そんな話題にふさわしい講師として、村山さんがやってきてくれました。理科好きの村山少年が、どのような教育を受け、どうやって世界をリードする研究者になられたのか？これもとても興味のあるところですね。

今日は見えないものをどうやって見つけるかとか、タイムスケールのとても大きなお話をしていただきました。このサイエンスカフェに参加した皆さんはもちろん、もっともっとたくさんの人たちが科学は面白いなと思ってくれたらうれしいですね。

\*\*\*\*\*