

## 特集 宇宙でのリサイクル

並列計算機SPACEで”謎の天体”の正体に迫る 一宇宙の物質循環過程一

森正夫・水崎高浩両法学部助教授に聞く



▲森助教授(右)と水崎助教授

—: 森先生と水崎先生が共同研究を手がけているそうですが、その内容を教えてください。

森: 我々は、専修大学自然科学研究所と専修大学情報科学センターの協力のもとで、ネットワーク情報学部の内藤豊昭先生と中村友保先生とともに、多数のパソコンをネットワーク接続することにより、ひとつの巨大な並列計算機SPACEを構築し、それを用いた宇宙物理学の研究を行っています。

—: 森先生の天文学と水崎先生の原子核物理学とは専門分野がかけ離れていますが、関連があるのでしょうか？

森: そのように思う方も多いかも知れませんが、実はそこには深いつながりがあります。我々はSPACEを使って、ビッグバンで誕生した宇宙の中でどのように元素が生成され、どのように今日の自然界を形成するに至ったかという「宇宙の物質循環過程」を調べています。

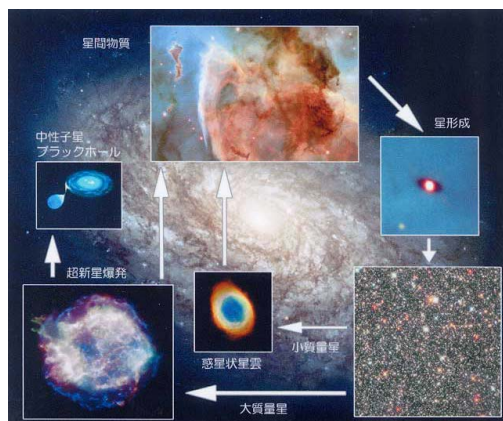
—: ビッグバンと元素生成にはどのような関係があるのでしょうか？

水崎: 現在の宇宙は膨張しているという事実を知っていますか？ すると逆に時間をたどれば収縮していくわけで、ビッグバンまで遡ると、現在宇宙を形作っているすべての物質は一点に凝縮し、エネルギーとして存在していたこととなります。それがビッグバンの時に物質へ転化します。まず光やクォークと呼ばれる素粒子が作られ、そのクォークが集まり、陽子や中性子が作られ、それらを材料にして星の内部や超新星爆発で元素が作られることとなります。このような元素の生成を知るためには、陽子や中性子が集まり、原子核を構成するときの仕組みをミクロな世界の基本原則である量子力学を使って、解明する必要があります。たくさん陽子や中性子に対して同時にかつ厳密に量子力学の与える基本方程式を解いて調べるのです。

—: 「宇宙の物質循環過程」とは、何を指しているのでしょうか？

森: ビッグバン理論は、今から137億年前に誕生した宇宙には水素とヘリウム以外の元素(重元素)はほとんど存在しなかったことを予言しています。ビッグバン後、原始ガスから水素とヘリウムのみからなる初代星が誕生することになりますが、そのような星のうち比較的重いものは、その寿命を全うすると超新星爆発を起こしその一生を終えることとなります。その際、星の内部や超新星爆発によって生成された元素が宇宙空間に撒き散らされ、星間ガスと混ざりあうこととなります。暫くすると、このようなガスからは少しだけ重元素を含むような新しい星が誕生し、また超新星爆発を起こすと、新たに生成された重元素をまた宇宙空間に戻します。このような宇宙の物質循環過程(宇宙でのリサイクル)が何度も繰り返されると、宇宙空間に存在する元素が次第に増加していくこととなります(図1参照)。

▼図1: 宇宙でのリサイクル(NASA提供の画像より合成)



—: どうして並列計算機を使う必要があるのでしょうか？

水崎: 原理は極めて簡単でも、実際に答えを求めることは極めて難しいことは、物理学ではなくてもしばしばありますね。銀河中の多数の星の運動を扱ったり、多数の陽子や中性子を量子論で扱ったりする場合、組み合わせ問題的に必要な計算量が爆発的に増大してしまい、素朴な方法では解析が不可能になります。そこで高性能の並列計算機を使ったり、賢い計算方法を考案したりすることが重要となります。私はこれまで量子モンテカルロ的な方法論を提案してきましたし、最近ではエネルギー偏差を用いた外挿法を提案し、さらに、並列計算機を使って従来不可能と考えられてきた問題を可能にしつつあります。

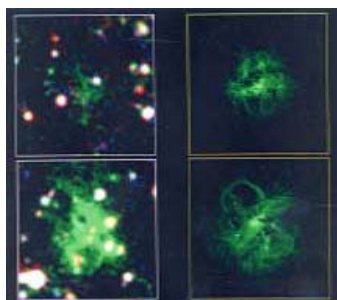
—: SPACEではどのような成果があがっていますか？

森: 宇宙で最初に誕生した星の爆発に関する研究や原始銀河の誕生に関する研究、ブラックホール近傍での光と物質の相互作用等の研究成果が得られています。これらの研究成果の一部はすでに論文発表しており、アメリカ天文学会学術誌やオーストラリア天文学会学術誌に掲載されています。また、メルボルンで行われた国際天文学会や日本天文学会等で成果報告をした際には、様々な研究者に質問やコメントを頂きました。特に、日本の「すばる望遠鏡」で発見された謎の天体ライマンアルファブロップに関する仮説は、多くの研究者に非常に興味を持って頂いています。

—: 謎の天体？

森: 図2の左側のパネル中の緑色の天体が、国立天文台の松田有一氏のグループが日本の「すばる望遠鏡」を使って観測した、遥か彼方114億光年離れた場所で奇妙な光を放っている、ライマンアルファブロップと呼ばれる天体の写真です。この時期は宇宙が誕生して23億年しか経過しておらず、宇宙は現在の4分の1の大きさしかありません。これまで、この不思議な光の正体は何か？そこで何が起きているのか？といった問いに対して満足のいく答えはありませんでした。

▼図2: 左側のパネル中の緑色の天体がスバル望遠鏡で観測したライマンアルファブロップ(松田有一氏提供)。右側のパネルはSPACEによって得られた原始銀河のシミュレーション



—: 謎は解けたのでしょうか？

森: 我々はSPACEによる大規模シミュレーションを駆使して、この天体が原始の銀河であり、大量の星が誕生している現場であることを突き止めました(図2の右側のパネル)。そこでは多数の超新星爆発が発生し、その爆風により熱せられた大量の水素原

子ガスが複雑な分布をしながら、強い輝線を出して光っているのです。我々の計算結果は、この天体は生まれて間もない原始の銀河のため、宇宙の物質循環がそれほど進んでおらず、太陽系付近の100分の1程度しか重元素がまだ存在していないことを予言しています。今後、世界最高性能の望遠鏡による観測で、この仮説が検証されることでしょう。

—: 今後はどのような研究を進めていきますか？

水崎: 原子核物理学の立場で宇宙に関する興味深い問題として、鉄元素のガモフ・テラー分布というニュートリノを放出する過程を理論的に解析することがあります。このことは超新星爆発の起こりやすさに関係し、宇宙の物質循環に大きく影響を与えます。このように宇宙という極大の世界と原子核という極微の世界は、銀河における元素創生というシナリオでつながっていることがわかって頂けると思います。したがって、基礎物理を押さえた上で、それが宇宙の物質循環にどのような影響を与えるかを調べるのが今後の課題となります。

森: いくら理論的にはこうなるということを主張しても、実際の自然界を再現することができなければ、その理論のどこかに間違いがあるか、考え方に抜け落ちた部分があることとなります。その場合には事実を謙虚に受け入れ、新たに理論モデルを作り直す、もしくは修正することが必要となります。そのためには、理論シミュレーションによって得られた結果と観測データの詳細な比較・検討が重要になってきます。今後は、豊富な観測データを持つ多数の諸外国・諸機関を訪れ、多角的な視点で理論と観測のフィードバックサイクルを徹底的に行っていく計画です。

【ニュース専修2005年1月号3面】