

特集・宇宙 並列パソコンで解き明かす“進化” 法学部助教授 森 正夫

—情報科学センターと自然科学研究所のコラボレーション—



■写真1 赤外線で見えた宇宙「すばる深宇宙探査領域」(国立天文台より)



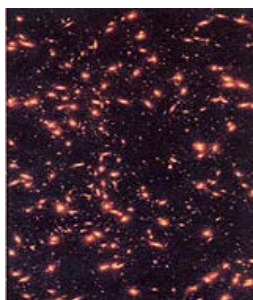
■図1 日本から見た「すばる深宇宙探査領域」の位置

最近、宇宙に関するニュースがテレビや新聞紙上を飾る機会が増えてきている。それは、飛躍的な観測技術や検出装置の進歩により、これまで知り得ることのできなかった宇宙の詳細な姿を目にすることができ、思いがけない自然の仕組みが具体的に明らかにされるようになってきたからである。また

最新の宇宙観測の様子がインターネットを使って簡単に知ることができるようになってきている。例えば、1999年ハワイ島マウナケア山頂に完成した日本のすばる望遠鏡の最新の観測成果等も国立天文台のホームページから容易に知ることができる。

写真1は銀河系の北極の方向、かみのけ座銀河団より約6度東の、一見星も何も見えない領域(図1参照)を、赤外線で長時間観測した「すばる深宇宙探査」のデータである。写真の青く暗い天体は約30億光年にある若い小さい銀河であり、赤色の暗い天体は主に70億光年程度までに分布するかなり年老いた銀河である。また、ここに写る暗い天体の多くは、我々から100億光年を超える遠方に位置するものと考えられている。天体から出た光が1億年かけて進んだ距離が1億光年だから、100億年前に天体を出発した光を見ていることになる。つまり、100億年の遥かなる過去の宇宙の姿を、今、目の当たりにしているのである。

◆宇宙進化シミュレーション



■写真2 ビッグバン後約50億年に銀河が形成されていく様子

それでは、我々の住むこの宇宙はどのように始まり、どのようにして今日の宇宙が形成されたのだろうか？これは人類の歴史が始まったところからの根源的な問いであり、このようなことを研究する分野として宇宙論(コスモロジー)がある。現代コスモロジーのパラダイムとなっているビッグバン理論は、今から137億年前に大爆発(ビッグバン)で宇宙が始まり、その時期には水素とヘリウム以外の重い元素(重元素)はほとんど存在しなかったことを予言している。

20世紀から21世紀にかけて、多岐にわたる観測事実により実証されたこの理論は、いまや宇宙の進化を考えるための基礎理論として揺るぎない地位を保っている。しかしながら、写真1で見られるような宇宙が誕生して間もない天体にも重元素の存在が確認されているし、太陽系に存在する元素の約2%は重元素であり、もちろん我々自身の体も炭素やカルシウム、鉄、リン、塩素等々のさまざまな重元素からできている。それでは初期宇宙には存在しなかった重元素はいつ、どのようにしてこの宇宙の中で生成され、どのように分布しているのだろうか？

このような問いに答えるためには、宇宙という舞台の上でどのようにして星が誕生し、銀河が構成され、現在のような宇宙が出来上がっていくのかを詳細に研究し、理解する必要がある。筆者が研究している理論天文学の醍醐味は自然界の物理法則を駆使してこのような天文学の謎を解明していくところにある。しかしながら、宇宙現象は非常に複雑であり、旧来の紙と鉛筆を使った計算だけでは理解し得ないことが数多くある。

そこで登場するのがコンピューター・シミュレーションによる数値解析である。コン

コンピューターの中に仮想的な宇宙をつくりあげ、その中で宇宙を構成する物質の力学的進化や星の誕生、超新星爆発、重元素の生成といった、銀河の形成・進化を考える上で最も重要になってくる過程をすべて導入・再現したシミュレーションを行うのである。写真2は共同研究者の中里直人氏(東京大)によるシミュレーションで、ビッグバン理論によって示唆される宇宙初期の条件から出発し、時間とともに星が誕生し銀河が形成されていく様子を数値解析した結果である。オレンジに色づけされた天体は仮想宇宙の中で誕生した銀河であり、円盤状や楕円状の形をしたもの、銀河同士が衝突しているもの等々、さまざまな天体が見られる。

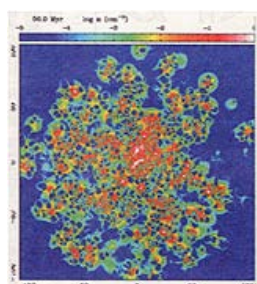
このような仮想宇宙のデータと写真1で見られるような実際の宇宙観測データとを比較し、宇宙の進化プロセスを研究するのである。

◆「SPACE」で初期宇宙を再現



■写真3「SPACE」の外観。一つの箱の中にパソコン16台が入っており、合計32台をギガビットイーサネットに接続

さて、本学でもこのような研究を遂行するため、平成15年度より日本私立学校振興・共済事業団の学術振興資金による研究助成を受け、高性能並列パソコンSPACE(Senshu PersonAI-computer Cluster Environment)が、自然科学研究所に導入された(写真3参照)。このSPACEを使って宇宙初期に誕生する銀河の形成過程について大規模な数値シミュレーションを実行し、宇宙における重元素の生成・循環過程に関する解析を行った。



■写真4 銀河形成初期の3次元数値シミュレーション

写真4は、初期宇宙に原始の銀河が誕生後、5000万年経過した時の物質分布を計算したものであり、星で生成された重元素が銀河の中で非一様に分布している様子がわかる。ビッグバン後、原始ガスの高密度領域では水素とヘリウムのみからなる星が誕生する。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。その際、星の中心部や超新星爆発によって生成された重元素が宇宙空間に撒き散らされ、星間ガスと混ざりあう。

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する。この星が進化し、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す。以上のようなサイクルが何度も繰り返されると、宇宙空間に存在する重元素量が次第に増加してくるのである。我々の故郷である太陽系や地球はこのようなサイクルのなかで誕生した天体であり、地球上には重元素が豊富に存在し、それらを材料にして生命、人間が誕生することになったのである。そういった意味では、我々自身は星のかけらから生まれてきたわけであり、宇宙という舞台で行われている物質循環の一存在形態を担っているにすぎないのである。

◆教育・研究用の新システム

今後は、SPACEと専修大学情報科学センターのパソコン群を高速ネットワーク接続し、教育・研究用の大規模グリッドコンピューティングシステムを構築することを計画している。このグリッドコンピューティングシステムを最大限活用することにより、上記のような理論天文学の研究のみならずハイパフォーマンスコンピューティングに関する研究、教育を効果的に行うことが可能となるであろう。

平成16年度情報科学センターに導入される最新型パソコン500台以上をネットワーク接続し、大規模シミュレーションを実行すれば、世界でまだ誰も成功したことのないレベルの高精度・高分解能のシミュレーション解析を行うことが可能となる。学生教育用のパソコンを応用して研究用の大規模並列計算システムを構築し、さらにそれを用いた大規模シミュレーション解析を行うといったことは、世界的にもまだ例が少ないことであり、それが成功すればその研究内容のみならず、方法論としても重要な意味を持つものと確信している。詳細は別の機会に紹介するが、以上のような大規模並列パソコンシステムをぜひとも完成させ、宇宙にあまねく存在する銀河や星などの物質形態の進化を研究することを通して宇宙の進化や宇宙の物質循環の過程を解明し、我々の住むこの自然界の仕組みを理解していきたい。

さて、地球上の生命を育んできた太陽は今から約50億年後には寿命を迎え、外側は

地球もろとも宇宙空間を漂うガスとなり、宇宙の物質循環の次の過程に進む。それでは、本稿の読者であるあなたや筆者を構成している重元素は、50億年後どのような状況にいるのであろうか？宇宙を漂うチリとなっているのか？あるいは他の宇宙生命体の一部となっているのであろうか？

もり まさお：97年名古屋大大学院理学研究科博士課程修了（理学博士）。日本学術振興会特別研究員（東京大）、マックス・プランク天文学研究所研究員（ドイツ）、筑波大計算物理学研究センターCOE研究員を経て、01年専修大法学部講師、03年から助教授。専攻は宇宙物理学、計算物理学。担当は自然科学論・科学史A、教養演習「コスモロジー入門」。

【ニュース専修11月号4面】