

## 《子供たちに聞かせてあげたいノーベル賞 2011》



The Nobel Prize in Physics 2011

Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt, Adam G. Riess

2011 年ノーベル物理学賞

for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae

# 遠方での超新星爆発を観測することによる宇宙膨張加速の発見

2011 年のノーベル物理学賞は米カリフォルニア大学バークレー校のソール・パールマッター博士 (52)、オーストラリア国立大学のブライアン・シュミット博士 (44)、米ジョンズ・ホプキンス大学のアダム・リース博士 (41) に授与されまし

た。対象は「宇宙が正体不明の力によって、加速しながら膨張を続けていることを観測で確かめた」功績です。

宇宙の誕生について、現在最も広く信じられているシナリオは、宇宙は無から誕生し、インフレーションと呼ばれる急速膨張期を経てビッグバンに至ったというものです。ビッグバン後の宇宙はさらに膨張をつづけ、やがて現在のような天体が含まれる宇宙が誕生しました。宇宙の誕生から続く膨張がこの先どうなるか、つまり私たちの宇宙の終わりはどうなるのかについては

- ① 宇宙の膨張はやがて収縮に転じてあらゆる天体が非常に小さな空間に押し込められた火の玉で終わる



Photo: Roy Kaltschmidt, Courtesy: Lawrence Berkeley National Laboratory

Saul Perlmutter



Photo: Belinda Pratten, Australian National University

Brian P. Schmidt



Photo: Homewood Photography

Adam G. Riess

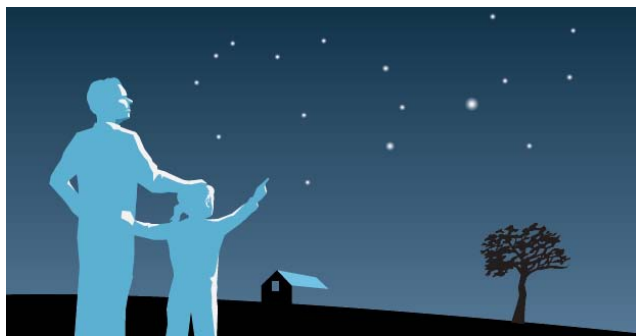
という説と

- ② 膨張はこのまま続き、銀河と銀河の間隔は広がり、宇宙は星が生まれることが出来ないほど希釈されて冷え切って終わる
- の2つの説がありました。

今回のノーベル物理学賞で分かるとおり、1990年代以降、人工衛星技術や巨大望遠鏡の建設、宇宙のかすかな光を撮影する技術の進展によって宇宙を詳細に観測することが可能になり、その結果たどり着いた結論は宇宙の膨張は現在も加速しつづけているという科学者自身も驚くようなものでした。

宇宙が加速しながら膨張をつづけるためにはその駆動力としてのエネルギーが必要です。従って、宇宙の中には何らかのエネルギーが埋め込まれていて宇宙が外側に膨らむように中から押されていることを示唆しています。このエネルギーを暗黒エネルギーと名付けました。暗黒エネルギーは、計算上は宇宙の70%以上という大部分を占めているはずですが、それがどのようなものなのかはまったくの謎です。

宇宙が遠い将来どのようなようになるのかは科学者のみならず、天文に興味がある人に共通する疑問です。そこで、超新星までの距離とそれが地球から遠ざかっていく速度を測定することによって科学者は、我々の宇宙の膨張についての現状はどのようなになっているのかを明らかにすることを試みました。研究者らは宇宙が膨張する速度が低下しているという観測結果が得られることを期待していましたが、得られたデータはそれとは逆に宇宙の膨張は加速していました。



20世紀の初めに、アメリカの天文学者ヘンリエッタ・スワン・レービットがケフェウス型変光星という特殊な種類の星が光を強めたり弱めたりする変動の周期を用いて遠い星までの距離をはかる方法を発見しました。天の川銀河は宇宙空間に無数に散らばっている銀河の中の一つに過ぎないことは今では明らかですが、夜空に見える銀河群が天の川銀河の外にあるということが分かったのはこの発見がきっかけでした。

さらに、1920年代になるとそれらの銀河が私たちが遠ざかるように動いていることが観測によって確かめられました。しかも、遠くの銀河ほど遠ざかる速度が速いことがわかり、宇宙は膨張していることが発見されました。宇宙が膨張しているという観測結果は当時の天文学者にとっては驚きの事実でした。

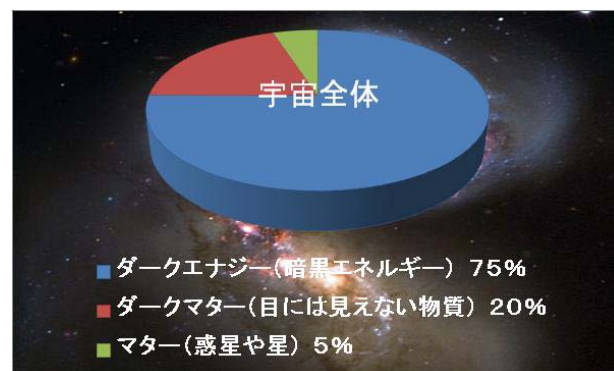
膨張する宇宙の発見は約140億年前にビッグバンで始まった宇宙に関する現在の標準的な考え方を構築する最初のステップとなりました。時間と空間の両方は宇宙の誕生と共に生まれ、以来、宇宙は膨張しています。それに伴って、オーブンの中で膨らむレーズン・ケーキに埋め込まれたレーズンのように、銀河は互いに遠ざかっています。私たちの宇宙はいったいどのような終末に向かっているのでしょうか。

実は今年のノーベル賞受賞者は宇宙の減速、あるいは宇宙の膨張がどのように遅くなっているのかを観測するつもりで研究を行っていました。そのために行っていた観測方法は60年以上前から使用されている、天体までの距離を測定し、それらがどのように動いているのかを観測する手法でした。20世紀の初めにはケフェウス型変光星を使って銀河同士が遠ざかっていることを確認しましたが、宇宙規模の変動を観測するとなるとケフェウス型変光星では光が弱すぎて、地球から遠く離れた銀河のことはわかりません。そのため、宇宙規模の観測ではケフェウス型変光星にかわって星の爆発現象である超新星が距離の目安に用いられました。中でも有効だったのはIa型超新星と呼ばれる特別な種類の星の爆発です。Ia型超新星は数週間の間、銀河の星全部と同じくらいの光を発する大規模な超新星です。この種の超新星は、白色矮星と呼ばれる太陽と同じくらいの重さがあるけれど、地球と同じくらい小さい、非常にコンパクトな古い星の爆発現象です。

Ia型超新星の爆発は一時的なものなので、超新星を発見するにはタイミングが重要となります。見渡すことができるかぎりの宇宙でIa型超新星は毎分10個誕生していると思われませんが、銀河1個あたりで見ると1000年の間に1回あるいは2回しか起きません。見事観測に成功したとしても問題は残されています。爆発直後のIa型超新星の輝きを観測しなければならないことや、その超新星周辺の星々から超新星爆発の光だけを抽出する必要があることがそれです。また、別の重要な課題は正確な明るさを測定することです。地球と超新星の間の銀河間ダストが超新星爆発の見目の明るさを変えてしまいます。この観測方法では超新星爆発の最大光度を測定する必要がありますので、ダストは結果に影響を与えません。

同様の観測を行う2つの研究チームが約50個の遠く離れた超新星を発見し、明るさの測定を行いました。ところが、それらの明るさはすべて予想していたよりも弱かったのです。もし、宇宙の膨張速度が失われつつあるなら超新星は計算よりもより明るく見えたはずですが、ところが、超新星は銀河の中に埋め込まれた状態でますます速く運び去られたため、超新星の明るさは衰えていました。その驚くべき結論は、宇宙の膨張速度は低下しておらず、全く逆に加速しているということでした。

宇宙の膨張を加速させる暗黒エネルギーが何であるかはまだわかっていませんが、それが存在していることは間違いの無いことです。現在も様々な観測機器を駆使して暗黒エネルギーの正体解明のための研究が続けられています。



### 【現れては消える宇宙定数について】

宇宙を観測することによって得られた結論は実は理論計算によって既に示唆されていたのでした。1915年、アインシュタインは一般相対性理論を発表しました。それはその後ずっと宇宙についての我々の理解の基礎でした。一般相対性理論から導き出される宇宙の将来は今よりも小さくなるか大きくなるかのいずれかでした。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

アインシュタインは1916年に上のような式を発表しました。けれど、この式では宇宙は静的な状態で安定して存在し得ません。アインシュタインは宇宙は永遠不変で静的なものだと信じていたので、自分の導き出した式を静的な宇宙を表現できるように下の式に修正して1917年に発表しました。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

この式の $\Lambda$ が宇宙定数です。 $\Lambda$ にゼロを代入すると最初の式に戻すことができます。



地球から 5500 万光年も離れた銀河 (NGC4526) で 1994 年に観測された Ia 型超新星。写真左下の白い点。すさまじい明るさであることが想像できません。

#### 【ノーベル賞について】

ダイナマイトの発明者として有名なスウェーデンの応用化学者、ノーベルがダイナマイトで築いた富を原資に 1901 年に設定された国際的な賞です。ダイナマイトで多くの人命が失われたことから、人類の幸福に具体的な貢献をした人に贈られます。賞は、化学賞、物理学賞、医学生理学賞、文学賞、平和賞、経済学賞の 6 分野に分かれます。受賞者にはノーベルの遺産から得られた利息や運用益で賞金が支給されます。受賞者の決定は物理学賞、化学賞、経済学賞はスウェーデン王立科学アカデミーが、医学生理学賞はカロリンスカ医学研究所が、文学賞はスウェーデン・アカデミーが、平和賞はノルウェー議会が行います。