

「宇宙の膨張を測る」

東京大学大学院理学系研究科 土居 守

夜空を見上げると、無数の星が輝いています。天体望遠鏡で拡大してみると、星に混じって時々広がって輝く天体が見えます。20世紀初頭、これらの天体がどのくらい遠方であり、互いにどのような関係にあるのかは、よくわかっていませんでした。そのような時代にあつて、エドウィン・ハッブルは、銀河とは他の星雲や星団とは違い、天の川の星よりうんと遠方にある、別の天の川のような星やガスの集団であることを示しました。ハッブルのおかげで、人類の宇宙観は、初めて天の川の外へと広がったのです。

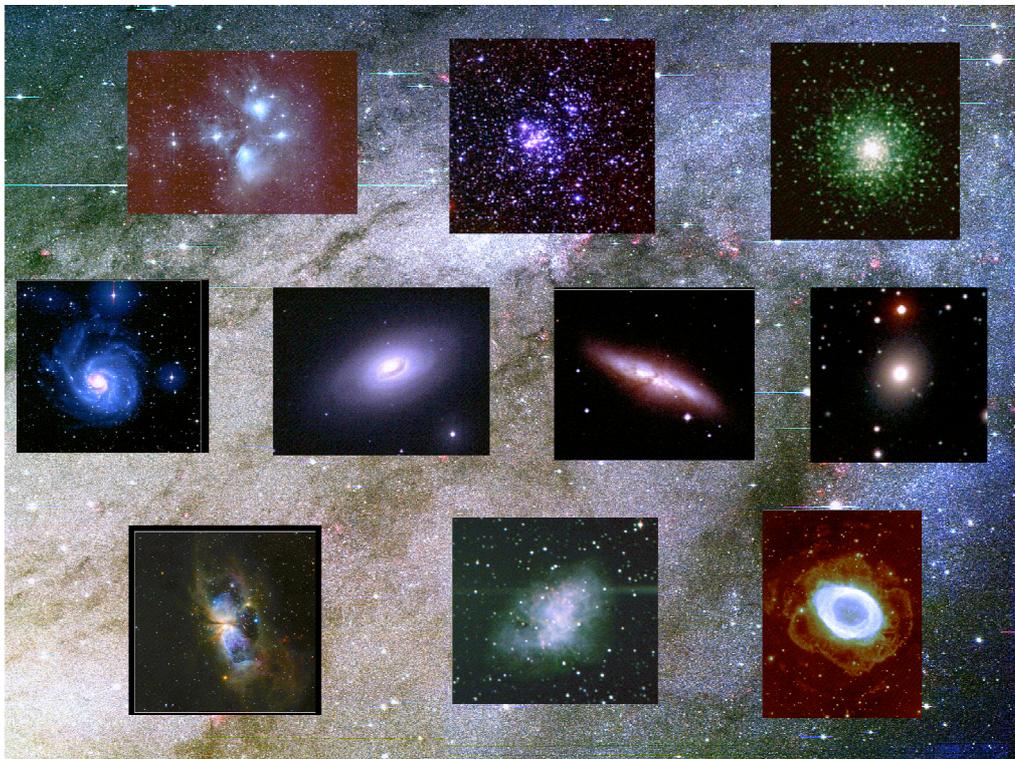


図1 夜空に輝く様々な種類の星雲と星団（東京大学・木曾観測所の1m シュミット望遠鏡で撮影）。背景はアンドロメダ星雲の一部（国立天文台すばる望遠鏡で撮影）。

ハッブルは銀河についてたいへん詳しい研究を行い、彼の行った銀河の分類法は、現在でもハッブル分類としてよく使われています。しかしながら、ハッブルはもっと重要な発見をしました。ハッブルはたくさんの銀河までの距離とその運動を調べ、遠くの銀河ほど、より速く我々から遠ざかっていることを見つけました。この結果をハッブルは宇宙の中で銀河と銀河が互いに遠ざかりあっている、すなわち宇宙が膨張している証拠である、と見

抜いたのです。

ハッブルの宇宙膨張の発見は、1920年代のことで、膨張を測るのに使った銀河の距離も1億光年（1光年は光の速さで1年かかって走る距離）くらいまででしたが、20世紀末から21世紀初めにかけて、観測技術の発達により、80億光年近くまでの遠方の宇宙の膨張が測れるようになってきました。その結果たいへん驚くような結果がみつかってきました。

20世紀末まで、天文学者は、宇宙の膨張の速さは少しずつ遅くなってきていると考えていました。なぜなら我々の宇宙には星や星雲や銀河が存在しており、互いに働く重力が膨張を引き止めるように働くはずだからです。もしも膨張が遅くなってきているとしたら、遠方の天体のみかけの明るさが、空っぽの宇宙よりも少し明るく見えるはずですが、そこでIa型超新星と呼ばれる明るさが良くそろった種類の超新星をたくさん観測してみました。その結果、驚いたことに、遠くほど明るく見えるはずの超新星が、逆に少し暗めに見えたのです。これは宇宙膨張の速さが現在遅くなってきているどころか、重力に勝って逆にぐんぐんスピードアップをしていることとなります。世界的に2つのグループが、ほぼ同時にその結果を発表したのですが、最初は多くの天文学者も疑いの目をもって結果を見ていました。

その中であって、2003年に、たいへん精度の高い宇宙背景放射についての観測結果が発表されました。宇宙背景放射は、宇宙が誕生してまだ間もない約140億年の昔、宇宙がどこも太陽の中のような高い温度のガス状態だったころの様子が、ちょうど140億光年彼方で見えているのです。アメリカの天文学衛星WMAPを用いて、ガスにさざ波がたつてわずかに濃かったところと薄かったところがある様子を詳しく測ることができました。実はこのさざ波のたちやすい長さは、物理学の基本定数を使ってよく予想をすることができます。そして現在、さざ波がどのくらいの長さになって見えているかを比べると、光がまっすぐ進んできたか、それとも重力によって曲げられてきたかが調べられます。調べてみると、光は140億光年彼方から我々まで、ほぼまっすぐ進んできたことがわかりました。一方さざ波をもっと詳しく分析すると、宇宙にどのような種類の物質が宇宙につまっていたかもわかるのですが、光をまっすぐ進ませるほど物質がたくさん詰まっていないのです。物質とは性質が異なる見えないもの、あるいはエネルギーが詰まっているように見えます。

超新星の観測と宇宙背景放射の観測をあわせると、たいへん不思議な仮説が得られます。今年ちょうどアインシュタイン博士が有名な特殊相対性理論他3編の重要な論文を発表されてから100年になります。常識にとらわれないアインシュタイン博士でしたが、重力も取り扱うことのできる一般相対性理論を発表した後、一般相対性理論を宇宙に適用してみると、宇宙は膨張するか収縮するかで、静的な宇宙が得られませんでした。そこで、方程式に出てくる定数項（現在では宇宙項と呼ばれる）に注目しました。宇宙項は宇宙が膨張しても密度一定のエネルギーが存在していることを意味し、もし正の符号をもてば、反発力としてはたらくという不思議な項でした。博士はこの宇宙項を使って膨張も収縮もしない宇宙の姿とすることを提案したのです。後にハッブルのみつけた宇宙膨張を知って宇

宇宙項による静的宇宙モデルを撤回し、「生涯最大の過ち」と悔いたと伝えられています。

これ以後おそらくゼロであろうと思われていた宇宙項ですが、仮にこの宇宙項が存在し、現在の宇宙で、物質3割に対して、7割あったとすると、超新星と宇宙背景放射の観測をぴったりと説明できるのです。他にも暗い銀河の数がたいへん多い謎とか、宇宙年齢よりも年をとった天体ができしまいそうな謎とか、いくつかの問題を同時に解決してくれるのです。

しかしこの謎のエネルギー（最近では暗黒エネルギーとも呼ばれている）は、地上の実験では見つかっていませんし、また本当に昔から密度が一定だったかどうか、まだよくわかっていません。暗黒エネルギーが本当に存在し、変化しているのか、それを詳しく調べる様々な観測が、この21世紀初頭、活発に行われつつあります。日本が世界に誇る口径8.2m すばる望遠鏡も、この暗黒エネルギーの謎に挑むために活発に遠方の超新星の観測を開始しています。

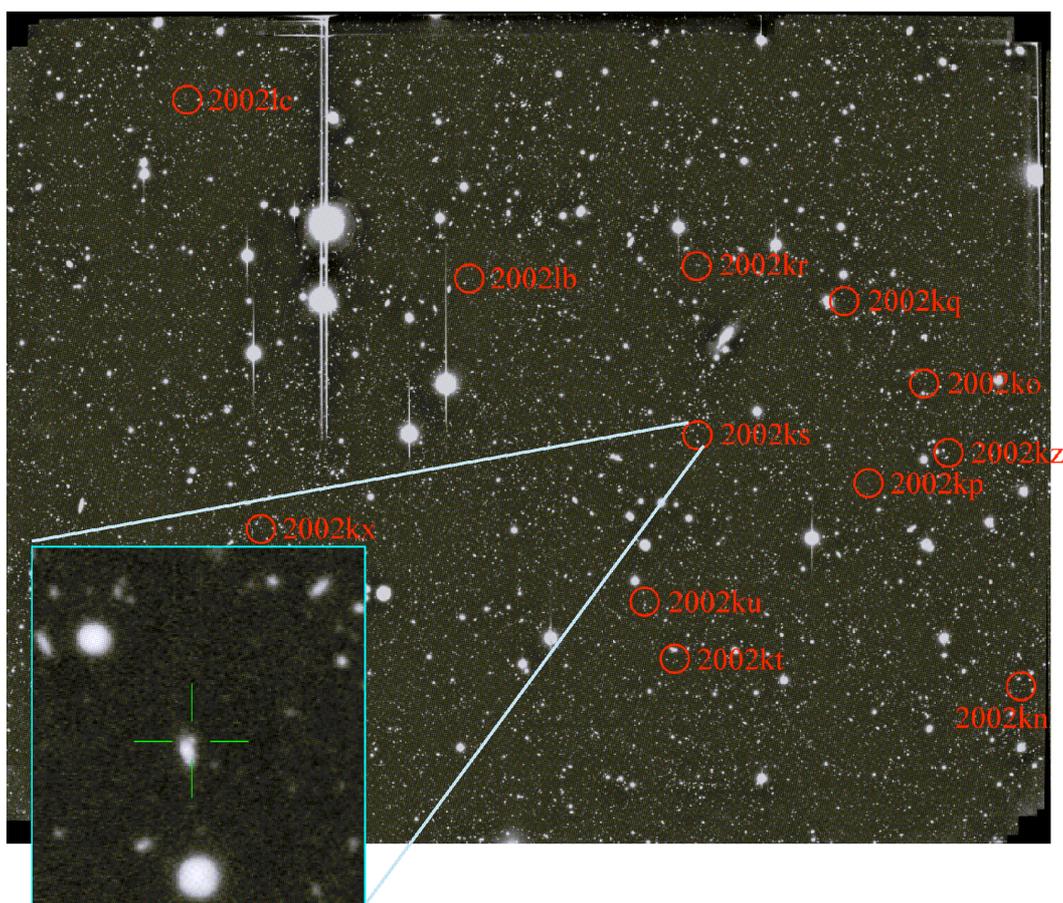


図2 すばる望遠鏡の広視野カメラで一度に超新星を12個発見した例。