

STELLAR LIGHT

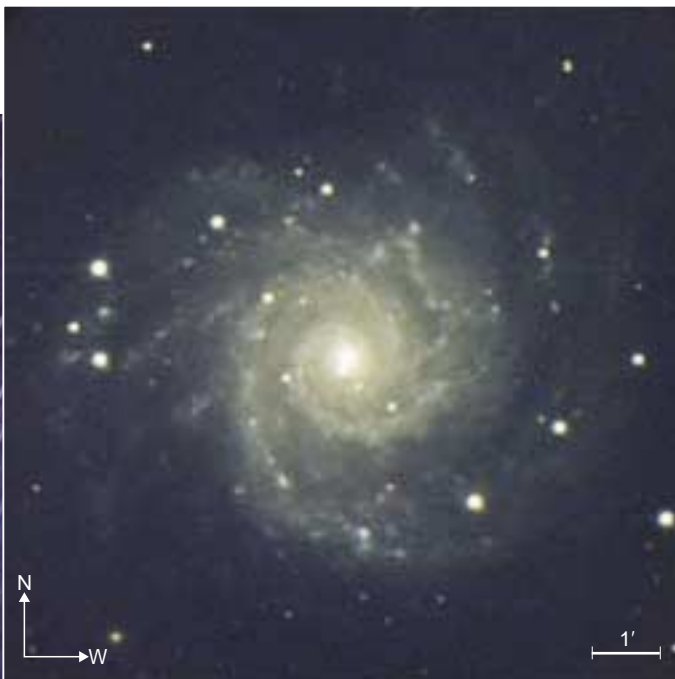
ステラライト

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

本物の科学を知ることの大切さ 寺門和夫
施設紹介 小型低分散分光器
観測報告 極超新星
天文学習に役立つ教材・教具等開発教室について
天体列伝 かみのけ座銀河団
天体観測はじめの一步 分光器

No. 8



銀河M74

2001/10/11



銀河M74 と 超新星SN2002ap

2002/2/6

本物の科学を知ることの大切さ

寺門和夫

私が子供の頃には、きれいな天体写真を見ることは、そんなに簡単ではなかった。パロマー山天文台の写真集などは、ほとんど宝物だったが、今では誰もがハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡のカラー画像をインターネット上で見ることができる。子供の頃に見た印刷物のモノクロ写真に比べ、その画像の鮮明さや華やかさには驚くほかはない。

多くの人たちがこうした画像に触れて、自然科学に興味をもつようになることは、とても素晴らしいことである。しかしながら、このようにして得られる情報はあくまでバーチャルなものであり、未知の世界を知るためのきっかけでしかないという点を、私たちはそろそろ本気で考えなくてはならなくなった。最新の成果を簡単に知ることができるようになればなるほど、科学はブラックボックスと化してしまうのだ。

例えばハッブルの画像である。観測対象の天体は、実際はあんな色をしているわけではなく、コンピューター処理のおかげである。それに、あれだけ鮮明な画像が得られるのは、そもそもハッブルが宇宙空間をまわっているからで、それには莫大なお金がかかるし、スペースシャトルによるメンテも必要だ。そのような背景が分からなければ、ハッブル画像の真の価値を知ったことにはならない。

リアルの世界でいえば、科学にはプロセスというものがある。結果を出すためには時間もかかるし、お金も手間もかかる。無駄だってある。科学に興味をもった人は、次にそうしたことを知らなくてはならない。

そのためには、科学の現場を実際に訪ねてみるのが一番だろう。ぐんま天文台では多くの訪問者を受け入れ、普及活動を活発に行っているが、実際、これからの天文台には天体観測の一端を実地で知ってもらうというきわめて重要な役割があると私は考えている。その際大事なことは、親切すぎることはよくないということである。便利になってしまったために、失いかねないものもある。科学が本当は厄介で、難しいものであることを知ること、科学を理解する上では大切なのだ。

一例だが、ぐんま天文台の工事がはじまる前の建設委員会の席上で、「雲が出ていて何も見ることができなかった来訪者に、ビデオ等でかわりの画像を見せるべきか」という議論が出たように記憶している。科学雑誌の仕事で長年している私としては、いろいろなものを見せてあげたい気もするのだが、科学的な感性を身につけるためには、天文台に来て、何も見ることができずに帰るといった体験も必要だと、最近では考えるようになった。

それに、現代科学の実験や観測はハイテクなしには考えられず、科学者には優秀なエンジニアのセンスが要求されるようになっている。天文台に遊びにきて、観測機器にふれ、その感触を味わうだけでもいい。きっと未来の科学者たちは、知識だけでなく、科学に対する全体的なイメージをもってくれるだろう。

寺門和夫 株式会社ニュートンプレス編集担当取締役。
ぐんま天文台建設委員を務める。

施設紹介

小型低分散分光器（65cm望遠鏡）

ぐんま天文台65cm望遠鏡には、「小型低分散分光器（Gunma Compact Spectrograph: GCS）」と呼ばれる専用の天体分光器が用意されています。分光器は、天体からの光を何色の虹に分けることができるかによって、低分散（数百色）、中分散（数千色）、高分散（数万色）といった分類がされますが、「小型低分散分光器」は、その名の通り低分散の分光器です。65cm望遠鏡は150cm望遠鏡に比べると小型ですし、あまり大きな観測装置を取り付けることは困難です。ですから、可能な限り小型・軽量でなくてはなりません。「小型低分散分光器」は、あまり複雑な機能は持っていません。また、CCDのシャッター開閉以外は、基本的にすべて手動で操作する必要があります。このような単純化を図ることにより、小型軽量化に成功しました。



65cm望遠鏡に取り付けられた小型低分散分光器

現在、小型低分散分光器は分光観測の入門用として教育普及に、また実際の研究観測に用いられています。初めて小型低分散分光器に星の光を入れたのは（ファーストライト）、2000年5月のことでしたが、その1年後の2001年5月には超新星SN2001bgの観測を世界に先駆けて行うという成果を出しています。通常、高精度で複雑な観測装置になると、性能を十分に発揮して成果を出すまでには1年以上の時間がかかることは珍しくはありません。しかし、小型低分散分光器は単純な装置であるため、比較的短時間で成果を出せる段階まで調整が進みました。これまでに、超新星などの突発天体現象（突然起きる星の爆発現象や急激な増光現象など）の観測を中心に様々な研究観測を行っています。今回のステラライトでは、2002年1月末から3月にかけて小型低分散分光器を用いて行った「極超新星」の観測成果についても紹介していますので、そちらもご覧ください。

現在、ぐんま天文台では、小型低分散分光器よりもはるかに分解能の高い150cm望遠鏡エシェル分光器などが調整段階にあります。今後は、小型低分散分光器だけでなく、これら高度な観測装置による面白い成果が次々に出てくることでしょう。ぜひ、ご期待ください。

（観測普及研究員 河北 秀世）

観測報告

ハイパーノバ 極超新星 (hypernova) SN2002ap

「極超新星 (hypernova)」という言葉を知っていますか？いや、その前に「超新星」というものはどのようなものなのかご存知ですか？

今年の1月31日に、65cm望遠鏡に取り付けた小型低分散分光器（GCS）によって、超新星SN2002apの分光観測を行いました。その結果、

この超新星は超新星の中でも特異な「極超新星」であることがわかりました。その後もぐんま天文台ではこの超新星の特徴を調べるべく、追跡観測を行いました。ここでは、超新星と極超新星の簡単な説明とぐんま天文台で行われている観測について紹介したいと思います。

超新星というのは、星の進化の最終段階で起こる巨大爆発のことをいいます。太陽の8~10倍以上の重さのある星は、その中心部で核融合反応を続けた末に、中心核が自分の重さで潰れてしまいます。その反動で中心核以外の星全体が吹きとんでしまうのを「重力崩壊型超新星」といいます。超新星にはもう一つのタイプ、白色矮星に伴星から物質が降り積もり、ある重さを越えたときに爆発を起こすものもあります。極超新星は、さきに述べた「重力崩壊型超新星」の一種で、通常の超新星の爆発エネルギーに対して、10~100倍にもなる大爆発であり、非常に重い星の最期であろうと考えられています。特徴として、爆発した物質の膨張速度が、通常より非常に速いことです。通常の超新星でも毎秒10,000kmほどであり十分に速いのですが、極超新星はというと、その3倍程度の毎秒30,000km、光の速さの1/10程度にもなります。あとで示しますが、この速さは分光観測した結果から測定することができます。

極超新星という言葉は、4年前の1998年につくられました。きっかけとなったのは、SN1998bwという超新星でした。この超新星は、その発見当初から一躍脚光を浴びるほど有名になったのです。どうしてそんなに有名になったか、少しお話ししましょう。その話の前に、天文学において重要な現象のひとつであるガンマ線バーストのこともお話ししないとイケません。ガンマ線バーストとは、天球上のある一点で突然、ガンマ線が発光する現象です。発見は1960年代でしたが、それ以来30年間、全く素性のわからない謎の現象であり続けました。どれくらいの距離で起こっている現象なのかもわかりませんでした。しかし、1997年イタリアのX線天文衛星がその現象を捕らえてから、飛躍的にその理解が進んできました。衛星がガンマ線バーストを捕らえると、直ちに地上の望遠鏡に連絡されます。そして、地上の望遠鏡がその位置を観測したところ、ガンマ線だけでなく、可視光でも光っていることがわかってきたからです。この発見から1年くらいたった1998年4月25日、ひとつのガンマ線バーストが衛星で発見されました。ヨーロッパ南天文台などがその発生位置を観測したところ、可視光で明るくなっていた天体が発見されました。普通のガンマ線バースト天体だと時間が経つごとに暗くなっていくのですが、この天体は、だんだんと明るくなってきたのです。

普通のガンマ線バースト天体とは違ったその天体は、その後の分光観測の結果、超新星であることがわかりました。この天体こそSN1998bwだったので。このガンマ線バーストと超新星がたまたま同時刻、同位置に観測されるのは10,000分の1以下の確率であることから、多くの天文学者は、超新星とガンマ線バーストが同一起源である証拠と考えました。また、その超新星も普通のタイプとは違った特徴をもっていました。その特徴は最初に述べたとおりです。それらの特徴から「極超新星」と名づけられました。つまり、極超新星は、ガンマ線バーストと関連している可能性の最も高い現象なのです。

さて、今回の超新星に話を戻しましょう。この超新星は、M74という3700万光年の距離にあるうお座の銀河に、1月29日茅ヶ崎市の広瀬洋治さんによって発見されたものです。この銀河は、開いた渦巻をほぼ真正面から見ている美しい銀河です。超新星が出現したのは、この銀河の円盤の腕の最外部で、見た目には銀河本体からかなり外にあるように見えます(表紙参照)。この超新星の発見が、国際天文学連合の回報7810号で1月31日午前4時頃に報じられました。この報告を見た九州大学の山岡助手がその日の昼過ぎに、ぐんま天文台と岡山の美星天文台に観測依頼をされました。ぐんま天文台は、その日は団体利用の日となっており、小学校の団体観望が予定されていましたが、観測の重要性を理解してもらってスケジュールを変更して頂いて、65cm望遠鏡に取り付けた小型分光器で観測を行いました。そのため、非常に早い時間に観測をすることができ、夕方の天体として

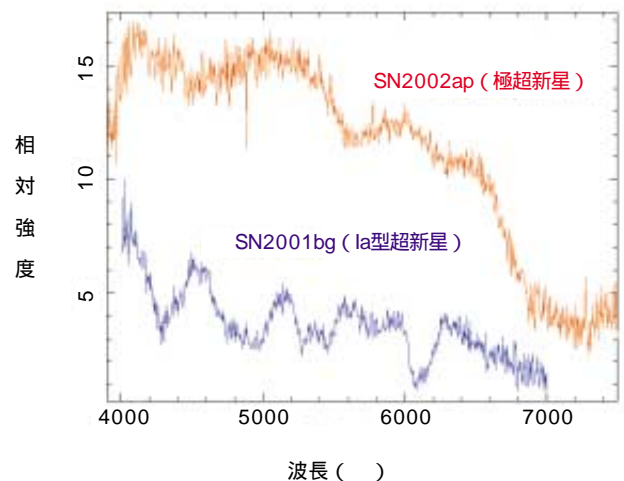


図1：極超新星SN2002apの初期のスペクトル（赤線）と普通のIa型超新星SN2001bgのスペクトル（青線）

は良質のデータを得ることができ、その解析を行いました。その結果、超新星としては大変特異な「極超新星」に似たスペクトルであることがわかりました。美星天文台でも少し遅れてデータが得られ、同じような結果が得られました。そこで、衣笠、河北両研究員、美星天文台の綾仁台長、川端研究員、九州大学の山岡助手とともに、国際天文学連合の回報7811号でその結果を世界に公表したのです。私たちの報告に続いて、カナリア諸島、イスラエルの観測結果も報告され、同じ結論が得られていました。ぐんま天文台で得られたSN2001apと昨年解析した超新星であるSN2001bgのデータを図1に示します。横軸は波長で、右へいくほど赤い光であることを示しています。また、縦軸はその色の明るさを示しています。どちらも全体的に青い色をしていることが連想できますでしょうか。普通の超新星では深いへこみいくつも見られるのに対して、SN2002apではへこみはごく浅いものが3つほどあるだけで、しかもその幅が非常に広いのがわかります。このへこみの幅は天体の膨張する速さに比例しており、通常の超新星より速いことがわかります。

ぐんま天文台では、その観測から3月9日現在までSN2002apの観測を続けています。夕方の観測であるため、一般観望のスケジュールを変更させていただいて観測を続けています。65cm望遠鏡では小型分光器で分光観測をして、スペクトルの変化を追いつけています。また、150cm望遠鏡では赤外カメラで、その明るさの変化を観測しています。図2にスペクトルの変化を示します。スペクトルが波長の長い方にずれて来ているように見えるのは、見えている部分の速度が遅くなって来ていることを示しています。また、図3に赤外線の3色(J、H、Ks)での明るさの変化を示します。赤外では発見から2週間ほどにピークになって、その後、徐々に減光してきています。これらの観測から得られたことなども徐々にホームページ等で説明していこうと思いますのでご期待ください。

(観測普及研究員 衣笠 健三)

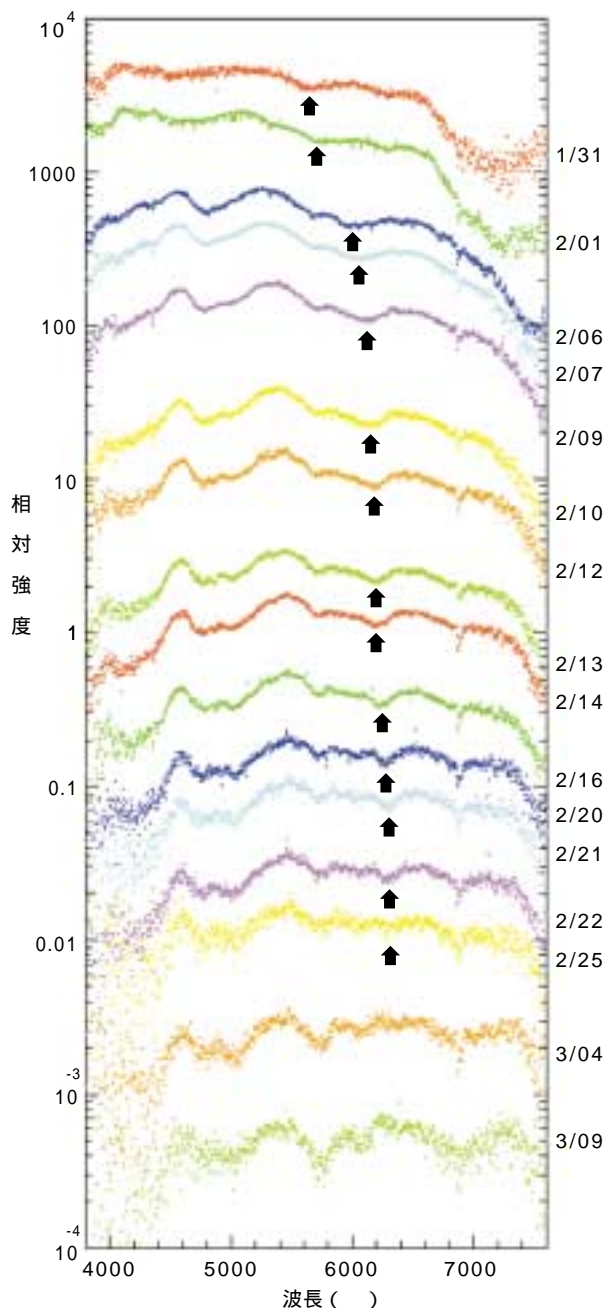


図2：ぐんま天文台でこれまでに得られたSN2002apのスペクトル。対応する部分をつないでみると、日ごとに赤い方へ動いているのがわかる。

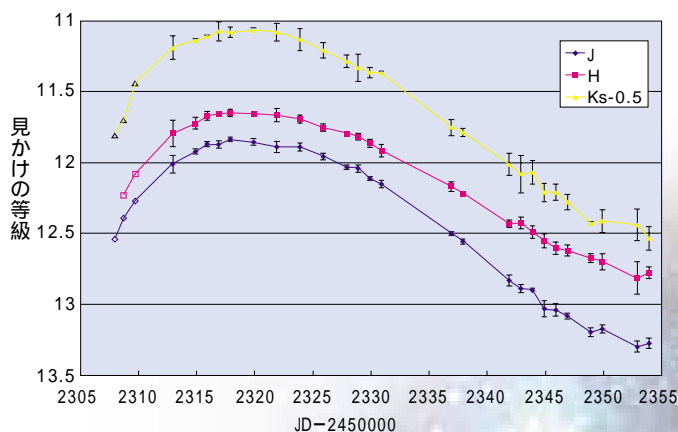


図3：赤外カメラでのSN2002apの測光観測データ。白ヌキのデータは他天文台での観測による。横軸は観測日で、2310が2月4日、2340が3月6日に対応している。

天文学習に役立つ教材・教具等開発教室について

1. 何のために

平成11年4月の開館以来、3年間の学校利用をみると、平均して年間2,500名近くの児童生徒が訪れています。天文台では、こうした利用におけるさまざまな学校の要望に対して柔軟に対応できるような態勢をとり、多岐にわたる利用内容、利用形態に応えていこうと考えてきました。さらに、天体の観察、感動体験から一步出て、学習内容の習得、継続的な探究活動に結びつくような教育活動も目指しています。

こうした目標に対して、天文台にある施設・機材は、子どもたちの本物体験には大きな効果が期待できるものの、多くの機材が高度過ぎて、児童生徒が直接活用して学習するには難しいものです。また、学校が要望する学習内容に適した活動ができ、問題解決学習に対応するためにも新たな教材・教具が必要となり、当教室を開くことになりました。これらは学校でもそのまま活用してもらおうと考えています。

2. 参加者・日程

実際に子どもたちの指導に携わっている群馬県内の小中学校の先生方にご協力いただき、天文学習における指導上の悩みや有効な指導方法などをお聞きしながら進めることにしました。

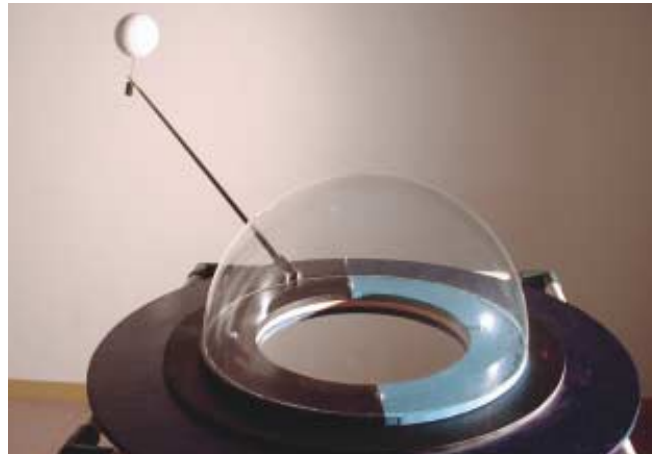
県内全ての小中学校に案内を配布し募集したところ、小学校5名、中学校7名の先生方の応募があり、年間5回（夏休みなど長期休業中3回）の日程で行いました。

3. 制作にあたって

天文台として作って欲しいものをお願いしたのではなく、普段の授業でこんな物があれば便利だと思うものを考えてもらい、第1回目の会議に持ち寄って検討しました。その結果、物作り班とホームページ作成班に分かれ、物作り班では月の満ち欠け体験教具と金星の満ち欠け説明教具を、ホームページ作成班では小中学生向け天文学習コーナーを作るようになりました。

4. 制作物及び制作の様子

月の満ち欠け体験教具



月の形は規則正しく変化し、肉眼でも観察できるのにその現象を正しく理解している児童・生徒は意外と少ないものです。この教具は、地球から見た太陽と月の位置関係が変わることによって月の満ち欠けが起こることを疑似体験できるものです。まず、透明半球（地球）の中に顔を入れ月（スチロール球）を見ます。光源に照らされた月は、地球の周りを回すことによって照らされる部分が変わり満ち欠けが確認できます。



月の満ち欠け・金星の満ち欠け説明教具

太陽系第2の惑星である金星は、他の惑星に比べると地球に近く、その満ち欠けや大きさの変化が望遠鏡を覗くことによってわかります。ただし、この現象を理解するには太陽の周りを回っている金星と地球の位置関係、それに地球からの見え方

がわからないと難しいです。この説明員の特徴は、地球の中に観察者の視点としてCCDカメラが内蔵され、それをモニターで見られることです。同時に月の満ち欠けもモニターで確認できます。



この作品は、制作した先生が天文台との共同開発品として平成13年度前橋市教職員自作教材・教具展に出品し、最優秀賞を受けました。

小中学生向け天文学習コーナー

天文台が公開しているホームページは内容が難しく、天体画像にしてもその説明は小中学生にはよく分からないという指摘があり、それなら子どもたちの興味をひき、しかも天文学習をする上で手助けになるような内容にしてみようということになりました。テーマは先生方に考えてもらった太陽、月、星座、天動説・地動説です。

用いている天体画像のほとんどは天文台で取得

したもので、それらを上手に組み込んだ形で構成してもらいましたが、画像の種類や数が不十分なところもあり、今後付け加えていくことによってよいものにしていこうと考えています。



5 . 今後の取り組み

手探りで始めた開発教室ではありましたが、2つの制作物と1つのホームページができあがり大変喜んでいます。物としての成果が見られたということだけでなく、あるいはそれ以上に、天文台が呼びかけた事業に対して12人もの先生方が興味を持ち、研修として参加いただいたことの方に価値があったと思っています。

平成14年度も開催する予定ですので、ぜひ参加されよいアイデアを提供してください。

(指導主事 青木 成人)

天 体 列 伝

かみのけ座銀河団

1 . 春は銀河団

春には目立つ天体が少ないように感じる人も多いでしょう。肉眼では北斗七星にアークトゥルス、望遠鏡でもM51にM81くらい・・・春の夜空は天の川が通っていないので、散開星団やM42のような星雲といった華々しい天体は少ないのです。しかし、そういう空でない観測しにくい天体、そして見た目には非常にかすかな光の天体で実はと

ても巨大な天体の世界もあるのです。今回お話しする銀河団はそういった天体です。

有名なハッブル・ディープ・フィールド(ハッブル宇宙望遠鏡による最も深く遠く暗い宇宙の探査)の画像をご覧になった方もおられるでしょう。この領域は実は北斗七星の近くにあります。最も深く遠くの宇宙をみるという人類不変の最大の試練のためにこの領域が選ばれた大きな理由は、この

領域が天の川から離れているため近くに明るい星が少ない(天の川に星が多数見える理由はステラライト3号天体列伝参照)ことにありました。天の川の星は遠くの天体の手前にあって遠くの天体の姿をさえぎってしまうのでじゃま、というわけです。銀河団も天の川の星よりはずっと遠くにあるので、銀河団の観測も基本的には天の川の星が少ない領域で行なうことが多いのです。

2 . 銀河団とはどんなもの

さて、銀河団とはどんな天体でしょうか。最初にあげたM51やM81、あるいはアンドロメダ銀河などは銀河とよばれています。大小ありますが、平均では太陽のような星が約1000億個集まった星の大集団で、銀河の端から端に行くには光で約10万年かかります。この巨大な銀河を人間に置き換えてみましょう。人間の場合、人口調査がありますが、銀河でもどこにどんな明るさの銀河があるか、そういう調査～銀河探査～をします。人口調査から家と家の間隔、小さな村や大きな都会、そしてその発展がみえてくるように、銀河探査からも銀河の都会やその大きさ、その進化がわかります。銀河団は明るい銀河を約100個含むような銀河の都会と考えて良いのです。

図1は春の銀河団の代表いべきかみのけ座銀河団の中央部分で、約2億光年の距離にあります。中央に二つの大きな銀河があり、そのまわりに小さな銀河が群がっています。実はこのたくさん群がっている銀河がアンドロメダ銀河のような典型的な銀河の大きさです。銀河団はさしわたし約1000万光年、つまり銀河みずからの直径の約100倍の空間、に明るい銀河が約100個、暗いものまで含めると1000個もの銀河がひしめいているわけです。

ところで、群がった銀河たちは毎秒500kmといった速度でそれぞれ動いています。これだけの速



図1: かみのけ座銀河団(観察用望遠鏡により撮像)

度で動くものを引き留めておくことは容易ではありません。銀河団には太陽の約1000億倍も重い銀河が数百個あり、見えない物質も含め、重力による引力は非常に強くなります。地球は太陽の引力で太陽から飛び離れることなく公転していますが、銀河団でも巨大な引力のおかげで銀河が飛び散ることなく一つの集団であり続けています。このような意味で集団を形成できるのは宇宙の中で銀河団が最大のものです。

現在知られている銀河団はほとんどがAbell(エイベル)のグループが探したもので、約20億光年までの宇宙の中に4,000個を超える銀河団が知られています。春にはおとめ座銀河団もありますが(距離約5,000万光年、ステラライト3号観察用望遠鏡画像集参照)、これも多くの銀河が密集した立派な銀河団で、おとめ座やかみのけ座銀河団は銀河団の中でも近く立派なものです。遠くまで銀河団の探査が進めば5,000個、あるいは10,000個に迫る数の銀河団が見つかることでしょう。

3 . 銀河団の生い立ち

銀河団がどのようにして現在の姿になったかということは現在大望遠鏡を使って最も精力的に研究されているテーマです。人間の都会でも、大昔にできた都市が大きくなって現在の東京やニューヨークのような大都会ができたのでしょうが、銀河団も100億年程度前に小さいものができ、それが大きくなって現在のような銀河団ができてきたと考えられています。

最初に見たかみのけ座銀河団は近くのものでしたが、もっとも遠い銀河団は100億光年先のものまで見つかっています。図2はかみのけ座銀河団の

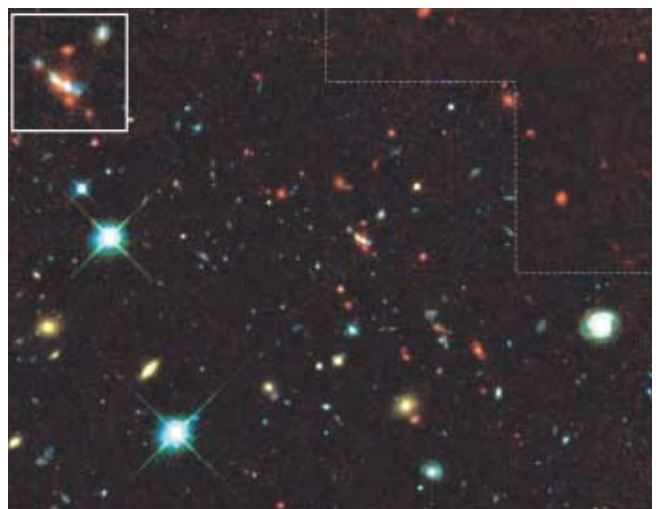


図2: 銀河団3C324 (z=1.24 すばる望遠鏡による画像 / 国立天文台提供)

近くの空にあり、実はその50倍も遠方にある昔の銀河団の一例です。銀河の数、銀河の群がり方、個々の銀河の形、どれも大分かみのけ座銀河団とは違っています。銀河団個性の違いもありますが、昔の銀河団が多数見つかったければ銀河団の生い立ち～それはほとんど宇宙の生い立ちといたいくらいですが～も見えてくることでしょう。

4 . 銀河はなぜ今の形になる

かみのけ座銀河団の銀河はM51のような渦巻き型は数える程しかなく、丸いものが多いことに気がついた方もおられるでしょう。銀河は大別すると丸い形のもの～楕円銀河～と渦巻き型に分かれますが、銀河団の中心のように銀河が混みあったところでは楕円銀河が多いことが知られています。ところが図2の銀河団の方はどうも形はよくわかり

ません。昔になるほど銀河の形ははっきりしないものが多いのです。ではいつごろ銀河の形は出来上がってきたのか？銀河の形を決める要因は何か？これも現在精力的に研究されているテーマです。

図3、4、5はかみのけ座銀河団と3C324銀河団の中間の距離(約10～20億光年)にある銀河団の例です。画像の中には天の川の星もうつっていますが、銀河団の銀河はほとんどが小さく黄色っぽく見えています。ぐんま天文台で条件のきびしい冬に撮像したため個々の銀河の形は定かには見えませんが、Abell 1674(図3)はかみのけ座銀河団のような銀河の大都会というほどではありませんが、このような中間の距離にある(中間の昔の)銀河団の観測が銀河の生い立ちのヒントを与えることは確かでしょう。

(観測普及研究員 長谷川 隆)

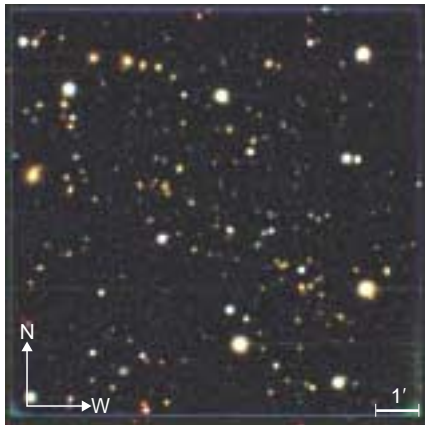


図3: 銀河団Abell 1674 (z=0.11) (150cm望遠鏡液体窒素カメラにより撮像B、V、I bandの画像を合成したもの)



図4: 銀河団 Abell 545 (z=0.15) (150cm望遠鏡液体窒素カメラにより撮像)

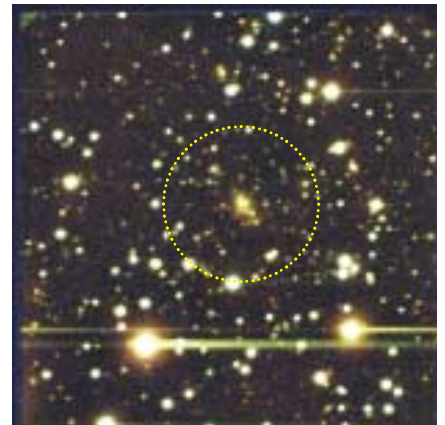


図5: 銀河団Abell 586 (z=0.17) (150cm望遠鏡液体窒素カメラにより撮像)

赤方偏移(z)について

赤方偏移zは天体の光が赤くなる割合で(天体から出た波長 λ_0 の光が λ で観測される時 $z=(\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$)、正確に観測することができます。宇宙膨張により遠い距離の天体ほど速く遠ざかり、天体の光が赤くなるので、赤方偏移から距離を推定できます。ただこの推定には宇宙の物質の総量なども影響するため、赤方偏移から距離を推定するには宇宙の物質の総量などが分かっている必要があります。

天体観測はじめの一步

分光器

Vol.7 に続いて分光器についてです。

1. 光の性質

様々な波長を持つ光子が束になって光速で流れていく(No.7 図3)、それが光の正体です。しかし、光子は粒子的な特徴に加えて波動的な特徴

ももっています。別の見方をすれば、光速度で伝搬して行く電磁場の振動が光の実態であるということもできます。実は、振動が端から端まで振れて再び元の端まで戻って来る一周期(図1)の時間に、波動すなわち光子の進む距離が波長なのです。

ちなみに、振動の周期が短くなると波長も短くなりますが、単位時間あたりの振動数は大きくなり、波動=光子一個の持つエネルギーは大きくなります。個々の光子の持つ波長という数量はその光子の持つエネルギーを示す量でもあるのです。

さて、図2のように複数の光の振動があった場合を考えてみましょう。水面にたつ波と同じで、山と山あるいは谷と谷が重なった場合（図2a）は強度が強まり、山と谷が重なった場合（図2b）には打ち消し合います。振動が山や谷の周期の中でどの辺にあるかを位相といいます。位相が完全に重なり合ったときに二つの波動は大きな強度を示します。また、波長の半分だけずれた時に二つの波動は打ち消し合うこととなります。

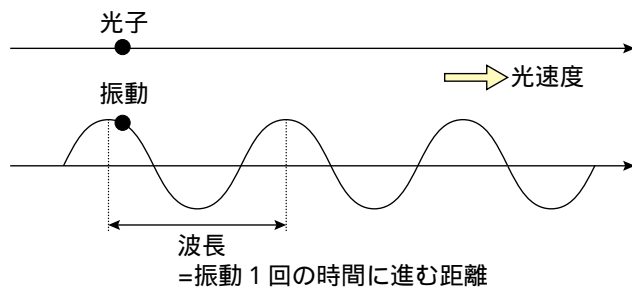


図1 光の粒子的性質と波動的性質

それでは、図3のように二つの点から出て来た波はどうなるのでしょうか。二点からの距離の差が丁度波長の整数倍になった所では、位相が一致して強く振動し、整数倍に半波長分を足した距離になったところでは弱まることとなります。このような光の性質を光の干渉といいます。

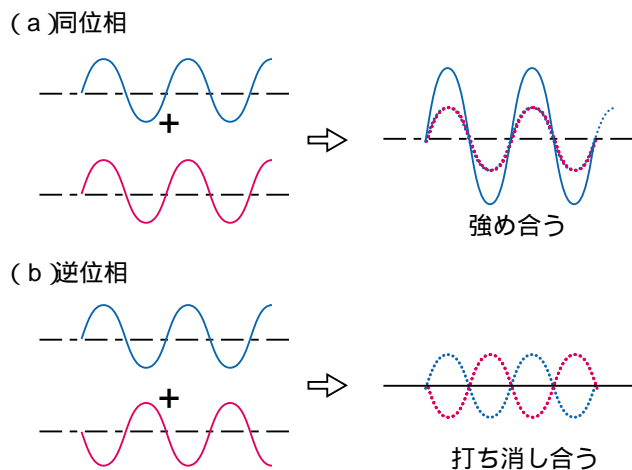


図2 波動の重ね合わせ

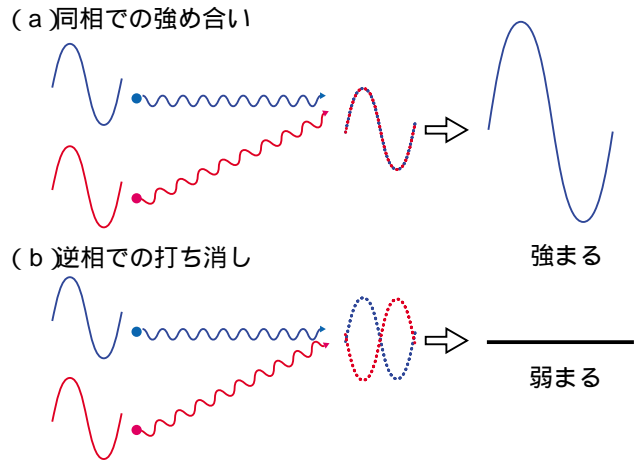


図3 経路長による光の干渉

2. 回折格子

等間隔でならんだ格子状の鏡(図4)を考えます。ある天体から来る光子の束は、海辺に内寄せる波のように平行な波面を持ってこちらにやって来ます。鏡にあたると反射されて違った方向に出て行くのですが、反射した後の光は反射した鏡の位置によって、経路の長さに差がでてきます。経路長に差がでると言うことは、同じ方向に反射して行った光でも、経路によって位相が異なってくるということです。

位相の異なった光が集まるということになると干渉が起こります。したがって、反射位置の違いによる経路の差が、丁度波長の整数倍になったところでは光の強度は強く、そうでないところは弱くなります。したがって、図4のような状態で、格子間隔 a 、入射角 θ_i 、反射角 θ_r 、波長 λ とすると、図の二つの太線の差 $a(\sin \theta_r - \sin \theta_i)$ が隣あった格子を經由した経路の距離の差になりますから、

$$a(\sin \theta_r - \sin \theta_i) = n \lambda \quad (n \text{ は整数})$$

の条件を満たした時に光は強くなります。沢山の格子が並んでいるため、これ以外の角度では光の強度は弱くなります。すなわち、特定の波長の光は上の条件式を満たす特定の方向でのみ明るくなるわけです。ちなみに、格子の間隔は非常に小さく、1mmの間に数十から数千本の鏡が並んでいます。

一方、この性質を利用すると、様々な波長の光子が混合した光を反射方向の違いに分離することができます。図4で a , n , λ を固定すると、反射方向 θ_r は波長 λ のみに依存することになり、異なった λ の方向で待ち受けていると特定の波長の光

のみを受け取ることが可能になります。

一般に、天体からの光には様々な波長の成分が含まれており、これを波長毎に分離するのが分光器の役目です。多くの分光器ではここで述べたような格子の性質を利用しています。このような格子を回折格子といいます。

3. 分光器の実際

実際の分光器には図4のような回折格子ではなく、図5のような断面を持つ回折格子が使われていて効率が良くなっています。その基本的な原理は図4のものと全く同じです。ただし、天体からの光を直接当てるのではなく、望遠鏡で集めた光を当てています。天体からの光は極めて弱いので、望遠鏡の強力な集光力を利用しているのです。回折格子を利用した典型的な分光器の構造を図6に示します。望遠鏡で集められた光は余計な部分からの光を取り除くためにスリットと呼ばれる狭い隙間を通り、コリメータと呼ばれる光学系によって再度平行な光にされ、これが回折格子に当たります。波長によって光は様々な方向を向いて反射されますが、それぞれの方向に向かった光を検出器の上の特定の位置に結像させるのが結像レンズの役目です。検出器にはかつては写真乾板が使われましたが、現在ではCCDが使われるのが一般的です。CCDを用いることによって感度が飛躍的に向上し、より暗い天体のより細かい情報をより精密に得ることが可能になりました。

ぐんま天文台 150cm 望遠鏡のナスミス焦点に設置された分光器も回折格子を利用した分光器です。非常に細かく波長の違いを分離し、しかも様々な波長の光を同時に観測するために、エシェル回折格子と言われるやや特殊な回折格子を使っています。このため、設計や製作には非常に多く

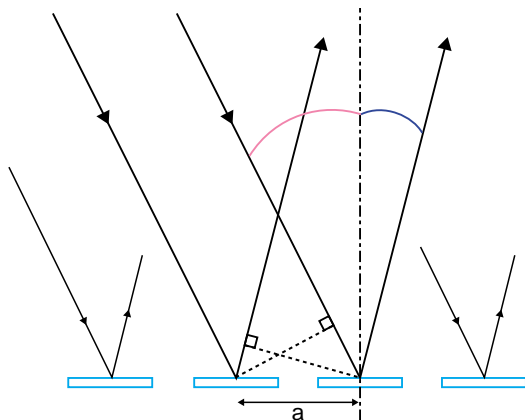


図4 回折格子

の困難がありましたが、現在国内では最高の性能を持つ分光器となっています。世界的にみても最先端のもので、ぐんま天文台における最有力な観測装置のひとつです。

ところで、目に見える光は可視光と言われますが、実は電波などと同じ電磁波の一種で、特定の波長の部分の電磁波に相当します。したがって、分光の手法を用いた天体の研究は、可視光に限ったものではなく、線、X線、紫外線、赤外線、電波など全ての電磁波を用いた観測に適用されています。光学系や検出器についてはそれぞれの波長に適した技術、手法が用いられていますが、やってくる光子を波長によって分離して、その分布の特徴から対象天体の性質を解明しようとする目的は全く同じものです。

(観測普及研究員 橋本 修)

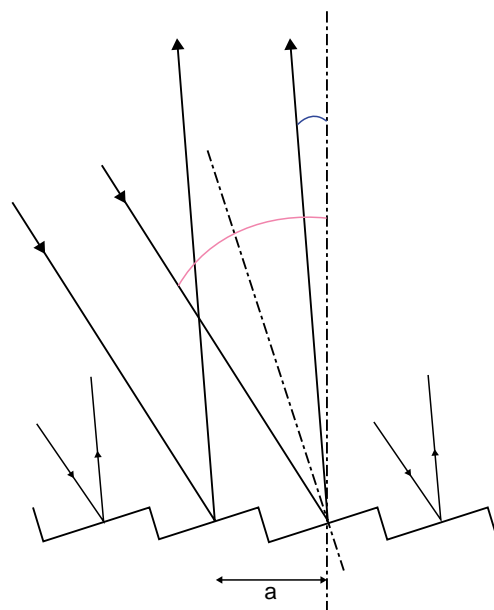


図5 回折格子

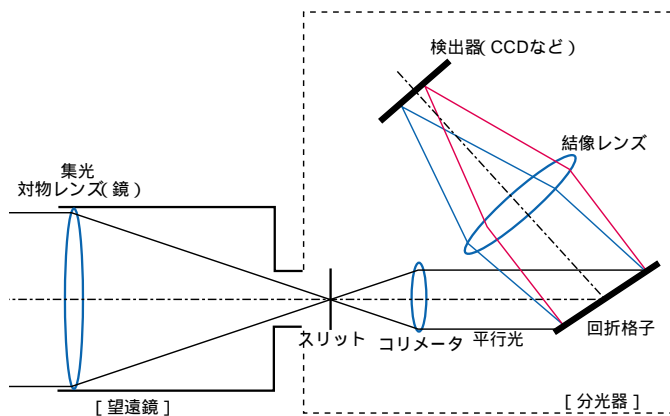


図6 分光器の仕組み

天界四季折々

観望会

星空もそろそろ春本番になってきました。早い時間には引き続き土星・木星を観望できます。
また、さまざまな銀河などが見ごろになってきます。

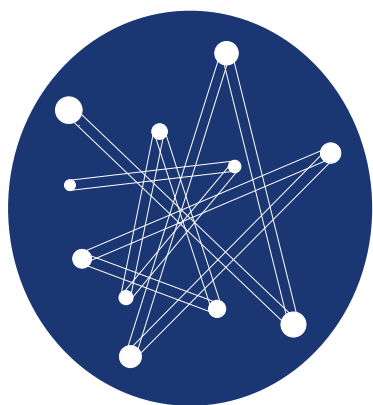
- ・惑星 木星・土星
- ・二重星・連星 しし座ガンマ（アルギエバ）
- ・球状星団 M3
- ・惑星状星雲 NGC2392（エスキモー星雲）
- ・銀河 M51・M81・M104

望遠鏡操作講習会

5月22日(水)・23日(木)に望遠鏡操作講習会を開催します。詳細はお問い合わせ下さい。

ゴールデンウィーク開館のお知らせ

4月27日(土曜日)～5月6日(月曜日・祝日)の間中は、ぐんま天文台は休まず開館し、平日を含む全ての日において、天気が良ければ「天体観望会」(予約不要)を開催します。



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

R100

古紙配合率100%再生紙を使用しています

発行日：2002年4月
発行：県立ぐんま天文台
電話：0279-70-5300 FAX：0279-70-5544
所在地：群馬県吾妻郡高山村中山6860-86
電子メールアドレス：gao@astron.pref.gunma.jp
ホームページ <http://www.astron.pref.gunma.jp/>

広報誌のバックナンバーは上記ホームページからお取りいただけます。
広報誌や天文台の利用について、ご意見をお寄せください。

表紙説明：銀河M74と極超新星SN2002ap。左が極超新星出現前(2001/10/11)、右が出現後(2002/2/6)の画像。
150cm望遠鏡液体窒素カメラにより撮像。B(青)、V(緑)、I(赤)の3色の画像を合成。