

STELLAR LIGHT

N.12

ステラーライト

主鏡のまわりは無重力？ 宮脇啓造(三菱電機)

施設紹介 ガンマ線バースト可視光対応天体自動観測装置 GETS

いろいろな眼で見る宇宙 重力波天文学

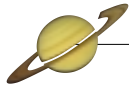
天体列伝 進化する宇宙

ぐんま天文台子ども天文学校 ー少年少女研究員(ジュニア) Iー



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台



主鏡のまわりは無重力？

三菱電機 宮 脇 啓 造

主鏡カバーが開かれると、その奥には鈍い光を放つ主鏡があります。現在における最も素晴らしい芸術のひとつではないかとおもいます。100年以上前にその製造法が生み出されてから、そのやり方はほとんど変わっていません。細かい砥粒で丹念にガラスの表面を研磨して、表面の滑らかさが数ナノメータ、面の形状の正確さが数十ナノメータの鏡面をつくるのです。

ここでは、この完璧な面を有する鏡を望遠鏡に組み込むときの工夫について述べます。鏡筒の姿勢の変化にともない、主鏡もその姿勢を変えます。地球には重力があり、この重力により主鏡はわずかながらも変形します。ただしこの変形は鏡面にとって無視することができないもので、天体の像を歪めてしまいます。口径の小さい鏡ならば鏡を厚くすることによって、像の歪みを許容できる程度に抑えることができますが、口径が1mを超えるような鏡には何らかの工夫が必要になります。重力が無ければよいのですが、それは無理なので、疑似的に無重力状態をつくって、鏡の変形をできるだけ小さく抑えます。

鏡の各部を、その重量（重力によって生じる力）と同じ大きさの力で押し上げることにより、疑似的な無重力状態をつくるのです。押し上げる方法には、機械式レバーや空気圧があります。150cm望遠鏡では、機械式レバーを用いています。押し上げる力を発生させるために、錘（おもり）の重量を利用しています。重力により発生した錘の重量を、レバーや空気圧装置により力に変換して、その力を鏡に伝えるのです。中学校の理科の教科書に“パスカルの法則”を説明する図があったとおもいますが、そのイメージをおもい浮かべてください。錘の重量を正確に選ぶことによって、鏡各部の重量にほぼ等しい力で鏡を押し上げることができます。この状態は、「浮いている」という表現が適切です。

150cm望遠鏡の約800キロ重の主鏡は、主鏡セルの中で、あたかも無重力状態にあるかのごとく浮いているのです。

国立天文台ハワイ観測所のすばるの場合、もう少し工夫がくわえられています。というのは直径8.3m・厚さ0.2mの超薄型鏡は、重力によってたいへん容易に変形するからです。レバー自身の重力変形、あるいは空気圧を伝えるベローズ材料の内部摩擦力などの、たいていの場合無視できる阻害要因により、鏡に許容値以上の変形が生じるのです。鏡軸方向については、鏡各部の重量は常時荷重計でモニタされます。鏡を押し上げる力が少しでも正值より異なるとモニタされれば、瞬時に正值に戻せるような制御ループが組み込まれています。

このように、無重力条件下で浮いたような状態をつくることにより、研磨によってつくられた鏡面形状が保持されます。しかし、このようにふわふわと浮いた状態では、鏡を正確に天体の方向に向けることができないため、しっかりと望遠鏡（主鏡セル）に固定する必要があります。ただし「固定しすぎる」と、主鏡セルの変形が鏡に伝わり、せっかくつくった鏡面を歪めてしまいます。ちなみに、主鏡セルは望遠鏡の姿勢変化や周囲温度の変化により、鏡面の許容変形量の1000倍以上も変形するのです。この変形から鏡面を守るため、必要最小限の固定方法が採用されています。簡単に説明できないのですが、「鏡の自由度のうち6自由度のみを拘束」しています。「3次元空間で物体を必要最小限に拘束する自由度は6」という原理に基づいています。実際には、鏡の3力所を（それぞれ2自由度ずつ）主鏡セルに固定しています。この方法は150cm望遠鏡、すばるに共通なもので、ほかの大型望遠鏡で用いられている方法と比較して独特なものです。

以上、芸術的な手法でつくられた鏡を望遠鏡に組み込むときの工夫について、手短かに述べました。このようにして得られた「望遠鏡としての鏡面」を有する150cm望遠鏡が、素晴らしい成果を出すことを願ってやみません。



施設紹介

ガンマ線バースト可視光対応天体自動観測装置 GETS

ぐんま天文台の観察広場の隅に、人の背丈くらいの大きさをした白い大きな箱があります。中には口径25cmの反射望遠鏡が設置されており、天候の良い夜には自動的に屋根が開いて観測できるようになります。この装置はガンマ線バーストを捕らえるために設置され、GETS (Gunma Experiment of the optical Transient Search) と名づけられました。



観察広場に設置されたGETS



屋根が開いたところ

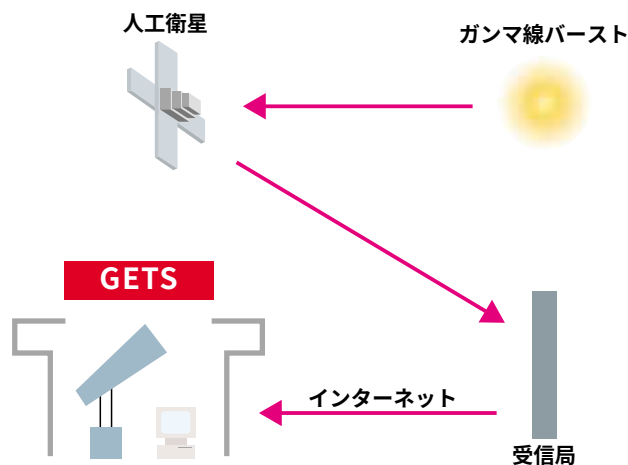


GETS望遠鏡（口径25cm）

ガンマ線バーストとは、宇宙のある方向において数秒間にわたって突然 γ 線（可視光に比べて約100万倍ものエネルギーをもつ電磁波）で明るくなる現象です。長いあいだ謎の現象とされてきましたが、最近になってX線や可視光でその残光が発見され、遠方の銀河で起こっている大爆発であることが分かってきました。しかしながら、どのような天体がそのような大爆発をおこすのかは未だに分かっていません。また、その残光もガンマ線バースト発生後、数時間～1日ですぐに暗くなってしまうため、迅速な観測が必要となります。

ガンマ線バーストの発生をモニターしている人工衛星からの信号がインターネット経由で送られて来るようになっており、GETSはガンマ線バースト発生後数十秒以内に観測を始めることができます。望遠鏡はMeade LX200-25、CCDカメラはApogee Ap7、暗い天体まで捉えるためにフィルターは装着されていません。同様のシステムは美星天文台や宮崎大学にも設置されていますが、日本は晴天率が低いことから複数の「眼」を持つことにも価値があります。

（観測普及研究員 大林 均）



GETSのシステム



いろいろな眼で見る宇宙

—— 重力波天文学 ——

1. 重力波とは

天体は電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、 γ 線と、波長の異なる電磁波を放出している。そこで、これらの電磁波をとらえることによって、天体の性質を調べることができる。ところで、今回とりあげる重力波は電磁波ではない。電磁波は電子の加速運動によって放射されるが、重力波は質量の加速によって放出される。

アインシュタインの一般相対性理論は重力場を基にし、その重力場は質量の分布で決まる。球対称が保たれる場合を除いて、質量分布が変化すれば、重力波が放出され、重力場は変化する。このように、重力波の存在は1916年にアインシュタインによって予言されたのである。

重力波が電磁波と大きく異なる点は、それが四つの極を持つ四極子からの波であることである。一方、電磁波は正負の極を持つ双極子からの波である。重力波が z 軸方向に進むと、第1図に示すように、 x 軸と y 軸方向の長さが変化するが、 x 軸と y 軸では位相がずれる。そこで、この長さの差を見出して重力波を検出しようと試みるのである。

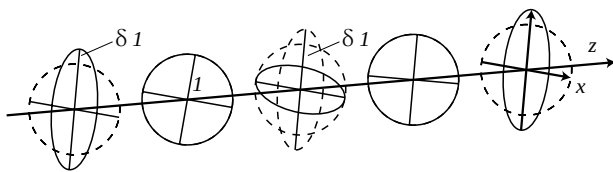


図1；重力波の進行にともなう空間のゆがみ。実線がゆがみを表し、点線は円。

2. 中性子星連星

牡牛座のカニ星雲の中心に電波観測でパルサーが発見されたのは1967年で、これは太陽よりかなり質量が大きい星が、超新星爆発を起こした跡に残った中性子星であることも明らかになった。それ以来、数多くのパルサーが発見されているが、その一つが、自転周期が0.059秒のPSR1913+16である。PSRはパルサーの略

号、その後の数字は赤経と赤緯を表わしている。そして、このパルサーはもう一つの中性子星とのペアで、連星系を形成しているということも分かってきた。

そのパルサーからの電波を、プエルトリコのアレシボ天文台にある、口径300mの固定電波望遠鏡で受信し、測定された視線速度の変化が、第2図にのせてある。公転周期は7時間45分である。この図から、視線速度は秒速で+100kmから-300kmをこえる範囲で変動することが分かる。このパルサーまでの距離は1.7万光年で、質量は二つとも太陽の1.4倍ほどで、公転軌道の平均半径は200万km、離心率は0.617と大きいことも、これらの観測から計算された。

さらに長い間観測を続けて、軌道の長軸の方向は1年に4.23度動き、公転周期は1年に76マイクロ秒の割合で減少していることも明らかになった。長軸の方向の動きは一般相対性理論の教えるとおりで、水星では1年あたり0.43秒である。一方、公転周期が短くなっているからには、軌道平均半径も短くなってきており、したがって公転のエネルギーは減少している。地球のまわりを回る人工衛星が大気の抵抗で、軌道が地上に近づくのと同じである。

この中性子星連星の場合は、大気の抵抗があるのではなく、重力波の放出によるエネルギーの減少のためと結論された。地球の公転速度は毎秒30kmであるのに対し、この場合には速度はその10倍近くあり、したがって加速度も大きいので、放出される重力波が強いのである。こうして重力波の存在は間接的に証明され、この業績でアメリカのウィルソン氏などは、1993年にノーベル物理学賞を受けた。

この連星の軌道はこれからも小さくなり、3億年もたつと、二つの中性子星は合体することになる。その時は更に強い重力波が放出されることは明らかである。その合体前後の重力波の波形を京都大学の中村卓史氏らが計算したのが、第3図に示してある。横軸は合体からの時間で、ミリ秒を単位として表している。これで見ると、その際の周波数は1kHzほどである。こうした中性子星連星は、まだたくさんあるに違いない。そして宇宙では、毎日のように、中性子星連星の合体が起きていると考えられる。



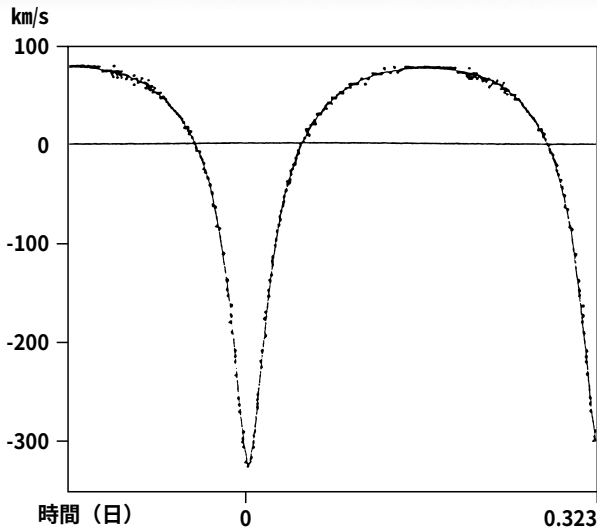


図2 ; PSR1913+16の視線速度の測定

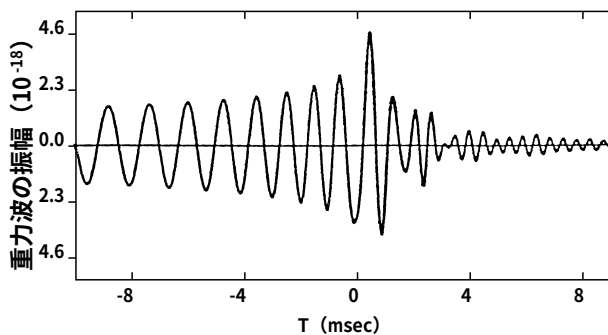


図3 ; PSR1913+16の合体前後での重力波の波形

3. 重力波を検出するには

第3図で見られるように、2万光年足らずの距離にあるPSR1913+16の合体でも、重力波の振幅は 10^{-18} 乗の数倍といった小さなものである。重力波は距離に逆比例して弱くなるから、5000万光年での連星の合体では、振幅はほぼ 10^{-21} 乗ということになる。そこで、おとめ座銀河団まで観測対象を広げるためには、重力波の検出にはこの程度の感度が必要である。

1960年代から、金属の塊を低温にして熱雑音を押さえ、重力波が通過する時に共鳴振動をとらえようとの試みが行われ、現在でもこの種の装置は数カ所で稼働している。一方、主流になってきたのはレーザー光による干渉計で、日本ではTAMA300、アメリカではLIGO、ドイツ・イギリス共同のGEO600が既に動き出し、フランス・イタリア共同のVIRGOも稼働開始間近と聴いている。ここでは、TAMA300を例にとって装置の概要を述べてみよう。

TAMA300は東京都三鷹市の国立天文台の敷地内に

設置されており、東西・南北方向にL字状に、それぞれ300mの長さの腕を持つ干渉計である。重力波が来ると東西と南北方向で腕の長さに差が出ることが分かっているため、この差を検出しようとしているのである。その概念図は第4図に示してある。それぞれの腕は地下にある直径40cm、長さ300mの円筒で、その中は光が邪魔なく通過できるように真空にしてある。

二つの腕が交わる部分に中央棟があり、そこに出力10Wのヤグ・レーザー発振装置がある。そこから出た光は、モードクリーナーで同じモードだけの光を取りだし、それから光はスプリッターによって東西と南北の腕に分けられる。それぞれの腕には両端に一つずつの鏡があり、レーザー光は、真空中の腕のなかを往復する。この腕自身は、ファブリペローと呼ばれる共振器になっている。光が鏡の間を520回往復すると、二つの腕からの光を干渉させる。そして、その差が時間とともに変化しているかどうかを調べるのである。

このように原理は簡単なのであるが、地面振動などが鏡に伝われば、なにを測っているのか分からなくなる。そこで、鏡などは、二重振り子で吊り下げ、その振り子の支柱自体も防振をしてある（第5図）。その際、中性子星連星の合体時に放出される重力波の1kHz付近の防振には、特に気をつけてある。

TAMA300は1995年4月から製作にとりかかり、1999年夏には完成してその運転を開始した。その後さらに改良を重ね、2001年の夏には、50日間に1,000時間以上の観測に成功し、感度も向上して 10^{-21} 乗近くになり、世界記録を立てた。これらのデータは既に解析されているが、まだ重力波は検出されていない。

LIGOはアメリカ・ワシントン州とルイジアナ州にある腕の長さが4kmの装置で、昨年完成され、感度もTAMA300を最近抜く程度になったと云われている。また、GEO600の腕の長さは600mで、ドイツのハノーバーでこのほど完成した。VIRGOは腕の長さが3kmで、イタリアのピサで建設中である。現在（2003年3月）、TAMA、LIGOとGEOが2カ月間の共同観測を実行中である。

TAMA300はあらゆる雑音源をなるべく小さくするように調整してきた。レーザー光の強度のゆらぎ、鏡の位置や光軸のずれ、鏡からの僅かな乱反射も感度を低下させる。その他にも色々な雑音源があるが、究極的には鏡の熱雑音が残り、感度を規定すると考えられている。



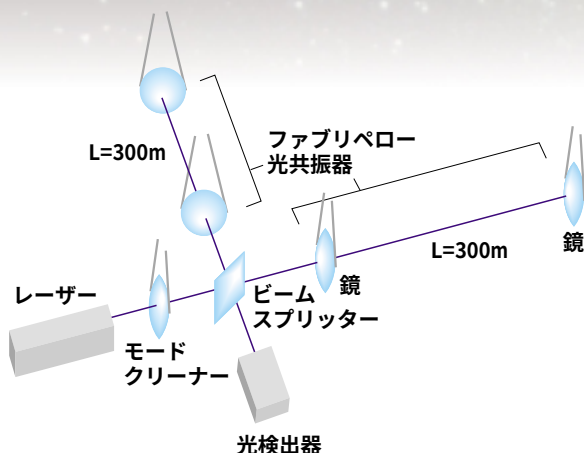


図4；TAMA300の概念図

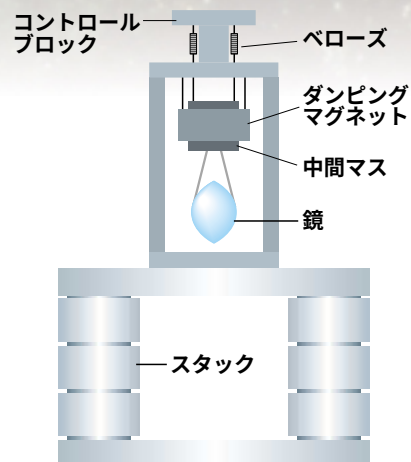


図5；鏡を吊す装置

4. 将来の計画

重力波源は中性子星連星の合体だけでなく、超新星の爆発、 γ 線を突然出す天体なども考えられる。それでも、TAMA300では、まだ年に何回も重力波を受けられるほど感度が高くない。そこで日本の重力波のグループは、腕の長さを3kmにして、鏡を冷却して熱雑音を少なくするという計画を進めている。

また、中性子星の連星だけではなく、もっと質量の大きいブラックホールの連星があり、同じように合体

の可能性があると考えられる。この場合には、中性子星連星の合体の場合より、大きな振幅の重力波が放出されることが期待できるが、その周波数はずっと低くなる。しかし、このような低い周波数での防振は、地上の装置では地面振動などの影響でとても難しい。そこで、スペースに出てこのような低い周波数の重力波をつかまえようという計画は、アメリカ・ヨーロッパの協力によるLISA、日本ではDECIGOとして計画されている。

(台長 古在 由秀)

天体列伝

—— 進化する宇宙 ——

1. 膨張する宇宙の発見

古代から、宇宙は未来永劫変わらないものと信じていた人が多かったようです。ところが、1929年にハッブル (E.P.Hubble) によって宇宙が膨張していることが発見されて以来、宇宙は進化するという認識のもとに、宇宙の歴史が研究されてきています。

ハッブルはまず1924年に、アンドロメダ銀河が私達の地球や太陽系が含まれる天の川銀河の外にあって、天の川銀河と同等な銀河だということを確認しました。さらに1929年に、遠くの銀河ほど私達から速いスピードで遠ざかっていることを発見しました。彼が描いたグラフが図1です。この事実は、私達が宇宙の中心にいて、すべての銀河が周りから遠ざかっているの

だと解釈されそうになるかもしれません。しかし、この広い宇宙で、私達だけが宇宙の特別な存在だと考えるのは不自然ではありませんか？ ハッブルの発見を、すべての銀河がお互いに遠ざかっているのだと解釈して、「宇宙は膨張している」という結論を導くのが自然なのです。

ハッブルのこの大発見は、ぐんま天文台でも確認することができます。実際、昨年度と本年度に実施した天文学学校の参加者の方々は、65cm望遠鏡につけた分光器でいろいろな銀河のスペクトルを観測し、宇宙膨張を実感されました。詳細は別の機会にご報告しましょう。



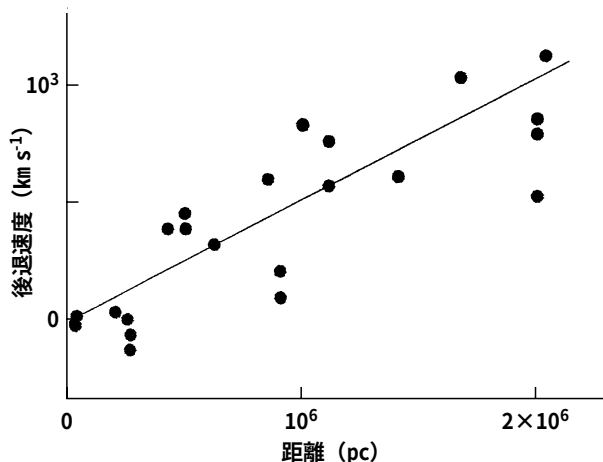


図1；宇宙の膨張（ハッブルによる）

ところで、フリードマン（A.Friedmann）は、ハッブルによる宇宙膨張の発見の7年前に、一般相対性理論の式（時空の物理法則）を解いて、宇宙が膨張したり収縮したりすることを理論的に示していました。物理学の法則によって宇宙の膨張が予言されていて、それが観測によって証明されたということは、宇宙も物理学の単純な原理に従っているということです。これ以後、私達の地球上で起こっているさまざまな事象から導かれた物理法則を遙かな宇宙にあてはめると、元素の誕生、星や銀河の誕生、大規模な構造の形成など、宇宙の様々な歴史が明らかになってきました。こういう学問が宇宙論です。

2. ビッグバン

宇宙が太古の昔からずっと膨張を続けていれば、過去には宇宙は小さかったので、密度が高く非常に熱かったはずで、このような高温では、物質を形作っている元素はばらばらですし、原子を作っている陽子や電子もばらばらになって光と作用しあっていたはずで、ガモフ（G.Gamov）は1946年に原子核物理学を宇宙にあてはめ、私達の宇宙は熱い火の玉、ビッグバンとして始まったことを理論的に示しました。現在の私達の宇宙を構成している元素の70%以上は水素で、炭素や酸素より重い重元素はせいぜい2%しか存在していません。ガモフは、宇宙がビッグバンから始まったとすれば、熱い宇宙が少しずつ冷えていく宇宙初期に元素を生成していき、現在の宇宙の元素の組成をほぼ説明できることを示したのです。^{注1)}

宇宙初期の光の吸収と放出がバランスしていた時期の放射は、現在に至るまで、宇宙に残されているはず

です。ビッグバン理論が正しいことを証明するためには、この残された放射を測ればよいと気づいたプリンストン大学のグループが準備を進めていた1964年頃、波長7センチのマイクロ波と呼ばれる電波を用いて天の川銀河を観測していたベル研究所のペンジャス（A. A.Penzias）とウイilson（R.W.Wilson）は、あらゆる方向からやってくる正体不明の雑音に悩まされていました。彼らが偶然にも発見していたこの雑音は、ビッグバンの名残の放射、宇宙マイクロ波背景放射だったのです。彼らが用いた波長7センチでの光の強度から、その温度は絶対温度3Kであることが明らかになりました。ビッグバン理論は、このように3K放射の発見によって標準理論となりました。

注1）ビッグバンだけではその過程で重い元素を作ることができないので、当時、この点が弱点だとガモフは批判されていましたが、重い元素は星の中で核融合が起きる時に作られたということが後になってわかりました。

3. インフレーション理論

ビッグバン理論には、いくつか未解決の問題も残されていました。例えば、宇宙の始まりは特異な点だったのか？という問題や、宇宙が生まれた時刻に出発した光が届くことのできる限界を越えて、もっと広い範囲まで宇宙が同じような密度なのは何故か？という問題（地平線問題）です。

佐藤勝彦氏とグース（A.Guth）が1981年に独立に素粒子の統一理論を宇宙初期にあてはめたインフレーション理論は、上で述べたような問題を原理的に解決できることを示していました。生まれた宇宙はまもなくインフレーションと呼ばれる急激な加速度的膨張を始め、インフレーションが終わる頃に真空のエネルギーが開放されて熱エネルギーに変化し、ビッグバンの火の玉宇宙が始まったとする理論です。この急激な膨張によって、宇宙が生まれた時刻に出発した光が届くことのできる限界の空間が広く引き伸ばされるので、地平線問題などは解決されました。

また、インフレーション理論の進展によって、量子論を宇宙にあてはめた量子宇宙論の研究も1980年代に始まりました。宇宙の始まりは特異な点ではなく、時間も空間も物質も無い「無」の状態から宇宙が量子論の効果で生まれたか、または、「果てのない条件」を満たすような「虚時間」から始まった、と宇宙創生は主に2通りの説が標準的です（図2）。



図2 宇宙の進化と構造の形成

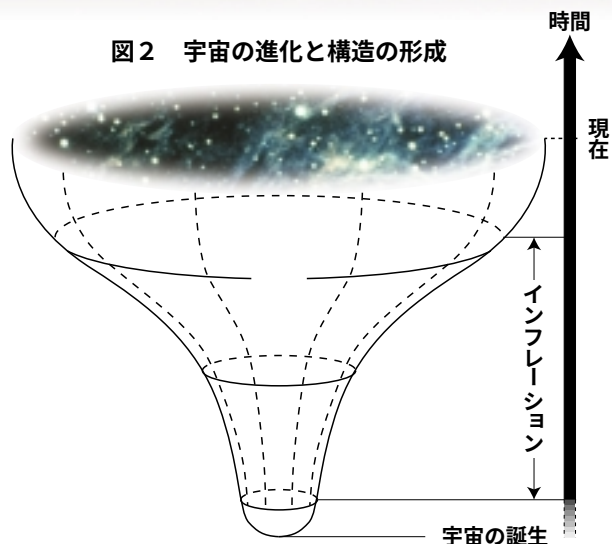


図2；生まれた量子宇宙は直ちにインフレーションを起こしマクロな宇宙となった

4. 衛星による「宇宙の密度ゆらぎ」の観測

スペースシャトルの事故などによってかなり遅れましたが、1989年に宇宙マイクロ波背景放射の観測を目的とした人工衛星COBEが打ち上げられ、7cmより短い波長側でも観測し、宇宙が生まれてから約38万年後に出発した全天の光が詳しく調べられ、温度は約2.725Kであることがわかりました。この宇宙マイクロ波背景放射がやってくる時期は、宇宙が中性化して、光がいろいろなものに捉えられずにまっすぐ進むことができる「宇宙が晴れ上がる時期」なので、私達はこの時の宇宙の姿を見ることができるのです。

COBE衛星は、ビッグバンが確かに存在したという証拠だけではなく、マイクロ波背景放射の温度には、ごく僅かに方向による違い、つまり温度の揺らぎを発見しました。温度揺らぎのパターンを詳しく調べると、インフレーション理論が予言する揺らぎとぴたりと一致したので、この結果は、インフレーション理論の間接的な証拠だと言えます。

また、ごく最近2003年2月11日、NASAなどを中心としたグループが、ラグランジュポイントと呼ばれる地球から150万km太陽と反対側に離れた準安定点に人工衛星を打ち上げたWMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) ミッションで、宇宙マイクロ波背景放射を高精度で観測した結果を発表しました(図3)。新聞にも「宇宙の年齢が確定！」などという記事が載ったので、ご存知の方も多いかもかもしれません。宇宙の年齢は137億年で誤差は僅か2億年だと推定さ

宇宙マイクロ波で見た全天図

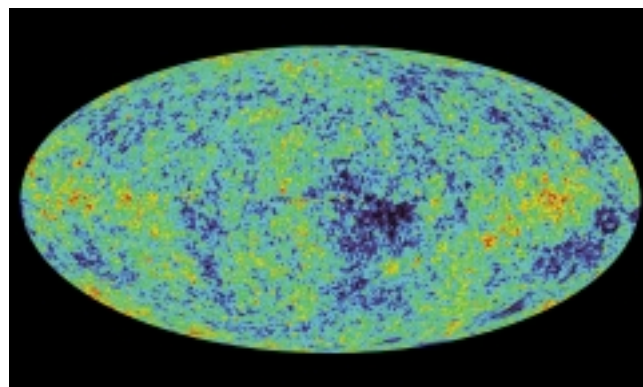


図3；WMAPミッションによる宇宙マイクロ波背景放射 (NASA/WMAP Science Teamによる)

れました。

また、宇宙の物質の量と宇宙の曲がり方が測定されたので、アインシュタインが予言していた宇宙定数の大きさが、宇宙の重さの73%もの量を占めていると確定されたことも注目されています。一般にこの量は定数でなく、時間が経つと量が変わってもよいので、最近では宇宙定数と呼ばれるよりも、「ダークエネルギー」と呼ばれるようになってきています。様々な観測結果から、このダークエネルギーは、エネルギー保存の式を満たすような正のエネルギーで、かつ、負の圧力を持ったもの、ということまでわかっています。しかし、宇宙のほとんどを占めている量なのに、ダー

宇宙の運命の違い

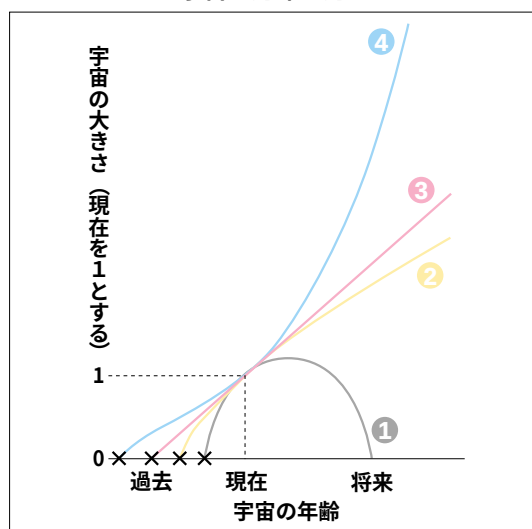


図4；
宇宙定数なし
①曲がっている宇宙
②平らな宇宙
③反っている宇宙

宇宙定数あり
④平らな宇宙(今回の結果)
(×はそれぞれの場合の誕生時を示し、それから現在までが年齢となる)



クエエネルギーの候補はまだ手探りで探られている段階で、その正体はほとんどわかっていません。謎の解明が新たな謎を生んだ、とも言われています。

宇宙の将来の運命は、宇宙の形が、ボールの表面のように曲がっているか、ほぼ平らか、反り返っているか、によって変わってきます。WMAPの結果も最近の他の観測と同様に、宇宙定数（ダークエネルギー）が大きいので、加速度的に宇宙が膨張し続ける平らな宇宙であることを示しています（図4）。

さらにWMAPは、宇宙背景放射の偏光成分の分布を初めて測定しました。インフレーション理論にも、様々な亜種のモデルが考えられていますが、最も単純な理論モデルがこの観測結果と合わないことがわかるなど、様々なインフレーション理論への、観測からの制限も与えています。

このように、宇宙論はSFではなく、証明可能な科学なのです。

（観測普及研究員 中道 晶香）

ぐんま天文台子ども天文学校

—— 少年少女研究員(ジュニア)Ⅰ ——

県立ぐんま天文台では、平成14年度の重点事業として子ども天文学校推進事業を実施しました。これは次の6つの事業からなります。

①少年少女研究員制度

○ジュニア研究員（対象：小中学生）

…年間6回8日間

○シニア研究員（対象：高校生）…年間8回11日間

②出張講演会…年間6回

③データアーカイブシステムの開発・運営

④連携協力校実践事業（小学校1校・中学校1校）

⑤子ども向け壁新聞「ほしぞら」発行

⑥ぐんま天文台イベントカレンダーの発行・配布

このうちの少年少女研究員制度は、小中学生はジュニア研究員として、高校生はシニア研究員として、ぐんま天文台の機材や設備を使い、観測普及研究員の助言を得ながら、自らの手で宇宙を探究する講座です。

ジュニア研究員では、日頃見ることの多い月を題材に、自分なりの疑問を見だし、それについて実際の観測を通して答えを見つけるという流れを体験することを通して宇宙に関心をもつことができるようにしました。

①望遠鏡の操作やカメラの使い方など、観測に必要な技能を望遠鏡操作講習会で身につけます（ぐんま天文台「観察用望遠鏡操作資格」を発行します）。

②自分で撮影した写真をもとに疑問を探し、考察をします。

この事業について今回と次回の2回に分けて報告し

ます。

■第1回 オリエンテーション

6月29日（土）

第1回目は少年少女研究員の概要説明や月についての簡単な学習を行いました。

月についての学習は、月に対する興味やイメージを子どもたちにしっかりと持ってもらうことが目的でした。書籍等を調べれば月についてさまざまなことが、数値として、あるいは図として出ていますが、実際にはなかなかイメージしづらいものです。そこで、佐治アストロパークの実践を元に、月の大きさと地球からの距離についてクイズを出しました。

まず、直径13cmの地球を子どもたちに示しました。これを元に月の大きさを考えます。ここでは、紙を与え、「このくらい…」と思う大きさに切ってもらいました。自分の月には記名をしました。次に広い場所に巻尺を伸ばして、0の位置に先ほどの地球を置きました。「月は地球からどのくらいのところにあるのだろうか？」と課題を出し、これと思う位置に自分が作った地球を置きました。

さて、結果を見てみると、子どもたちが作った月は大きさも距離もさまざま。地球よりだいぶ小さい月もあれば、地球より大きな月もあります。距離も地球に接しそうなくらいから5mくらいまで。ここで正解を示しました。直径3.5cmの月を約3.9mの場所に置くと…。「え～、こんなに小さいの?」「こんなに離れてい



るの？」とあちらこちらから声が上がりました。

さらに、「スペースシャトルはどのくらいのところを飛んでいるのかな？」と質問。今度は1mくらいが人気。中には月より遠いところを示す子も。実際は約3cmの場所。今度は「こんなに近いの？」とたくさん声。月という、身近なようでいて実際にはよく知らない天体について少しばかりイメージが膨らんだようでした。



写真1；オリエンテーション。月を置いてみる

■第2回 望遠鏡操作講習（1泊2日）

9月7日（土）～8日（日）

いよいよ望遠鏡操作実習。しかし、天気は最悪。霧がすごくて一寸先も見えないような日でした。

グループに分かれ、まずは自己紹介。ゲームなども取り入れて、早く仲間の名前と顔をおぼえられるようにしました。なれたところでいよいよ望遠鏡操作実習。今回使うのは、移動式望遠鏡と呼んでいる10cm屈折式赤道儀架台の望遠鏡です。普段の望遠鏡講習会とはほとんど変わらない内容で実施しました。

ケーブルの取り付け方に始まり、鏡筒の付け外し、ウエイトの付け外し、バランス調整、極軸あわせの方法など、設置の仕方を一通り学んだところで夕食。一度北毛青年の家に帰り食後再び天文台へ。続きで、赤道儀の動かし方、ファインダー調整、アイピースの取り付けとフォーカス合わせなどを学び、最後に実際に望遠鏡を動かして、展示室の壁に掲示されている土星を見る練習をしました。天気がよければ実際に星を見る予定でしたが、お楽しみは次回へ持ち越しとなりました。

翌日は記録をとるためのカメラの操作を学びまし

た。天体写真は普通の写真のようにシャッターを押せばきれいに写る、というわけにはいきません。そのために一眼レフタイプのしかもマニュアル操作のカメラを使います。フィルムを巻き上げたり、ピントを合わせたり、光の量を考えてシャッタースピードや絞りを変えたり…。ほとんどの子が初めてさわるカメラに悪戦苦闘していました。実際にフィルムを入れて試写もしました。結果はこれまた次回のお楽しみ。



写真2；第2回。望遠鏡操作講習



写真3；カメラ操作講習

■第3回 観測（上弦の月）

10月13日（日）

まずは前回試写した写真の評価から。成功もあれば失敗もたくさんありました。でも、学習に使ったのはほとんど失敗作品。露出オーバーや露出不足、ピンボケ、手ぶれ、フレーミングのミス等々、典型的な失敗の宝庫。でも、どうして失敗したのか、失敗しないようにするにはどうしたらよいか…。成功した作品より



も失敗した作品からのほうが得られる効果は高かったようです。実際に月を撮影する段階になったとき、子どもたちは自然と気をつけていました。



写真4；第2回で撮影した月。きれいにとれているもの、焦点が合っていないもの、露出時間が長いものなどいろいろある

暗くならないうちに移動式望遠鏡を設置。忘れかけていた操作も復習して、準備はOK。夕食後はいよいよ月の観測です。この日は天気にも恵まれ、空には上弦の月がこうこうと輝いていました。

初めて自分で望遠鏡を操作し、月を観測するわけですが、これがやってみるとなかなかうまくいきません。ファインダーを覗きながら月の方へ望遠鏡を向けているつもりが、実際はまったく違う方向へ。地上のようにまわりの景色などが目印になると違い、実際の星空では星が見えても、それがどの星なのか区別するのは初心者には難しいのです。そこで、ファインダーを覗かずに鏡筒を月のほうへ向けてから再度挑戦。今度

はファインダーの中に月の姿が映り、ばっちり導入できました。

何度か練習し、ほとんどの子がきちんと導入できるようになったころ、アイピースを取り外し一眼レフカメラへ交換。いよいよ月の撮影です。直接望遠鏡に取り付けているため、1000mmの望遠レンズをつけたのと同じですから、ピント合わせもシビアになります。何度も合わせなおしたり、違う星を導入して、その星でピントを合わせてから再度月を導入してみたり…。子どもたちも真剣そのもの。「よし、撮るぞー」の合図で撮影開始です。とはいっても、露出（この場合設定できるのはシャッタースピードのみ）はどれが適当なのかわかりません。そこで、シャッタースピードを1段ずつ変えて、何枚も撮影しました。当然結果は露出オーバーやアンダーが出てきますが、その中で一番いいものを選ぶわけです。この経験から、どのくらいのシャッタースピードが適当なのか学ぶことができます。教えてしまうことは簡単ですが、あえて教えることはせず、自分たちの観測から学び取る方法を選択しました。

この方法では撮影したときの記録がとても重要になります。もちろん記録も子どもたちが取りました。慣れないと記録を正確に書くのもたいへん。気がつくとカメラの撮影枚数表示と記録が食い違っていたなんてトラブルも…。

盛りだくさんの学習と体験になりましたが、何とか無事に観測も終了しました。あとは写真がきちんと写っているか、楽しみと不安の中、この日は終了となりました。（次号へ続く）

第4回以降については、次号で紹介します。



写真5；第3回。月の観測

（主任 倉林 勉）



天界四季折々

春の足音が近づき、星空もだんだんと装いを変えていきます。観望会ではそろそろ春の銀河たち、また、引き続き土星・木星の2大惑星を見ることができます。

4月からは開館時間が冬時間から夏時間になり、施設見学は午前 10 時から午後 5 時まで、一般観望は午後 7 時から 10 時（金土日および祝日）になります。

■ 観望天体

惑 星

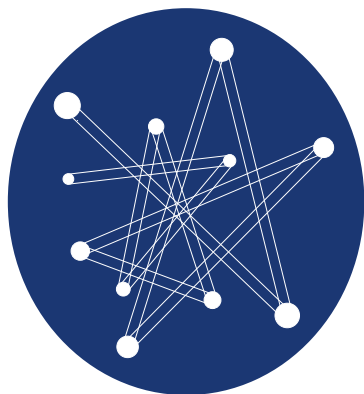
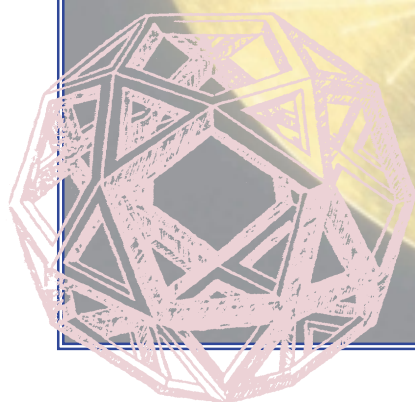
土星・木星

惑星状星雲

NGC 2392（エスキモー星雲）

系外銀河

M 8・M 2・M 5



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2003 年 3 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.prefgunm.jp

ホームページ ■ <http://www.astron.prefgunm.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。

表紙写真説明 ■ 少年少女研究員に参加した子供たち

100 SOY INK

古紙配合率100%再生紙を使用。印刷インキは大豆油インキを使用しています。