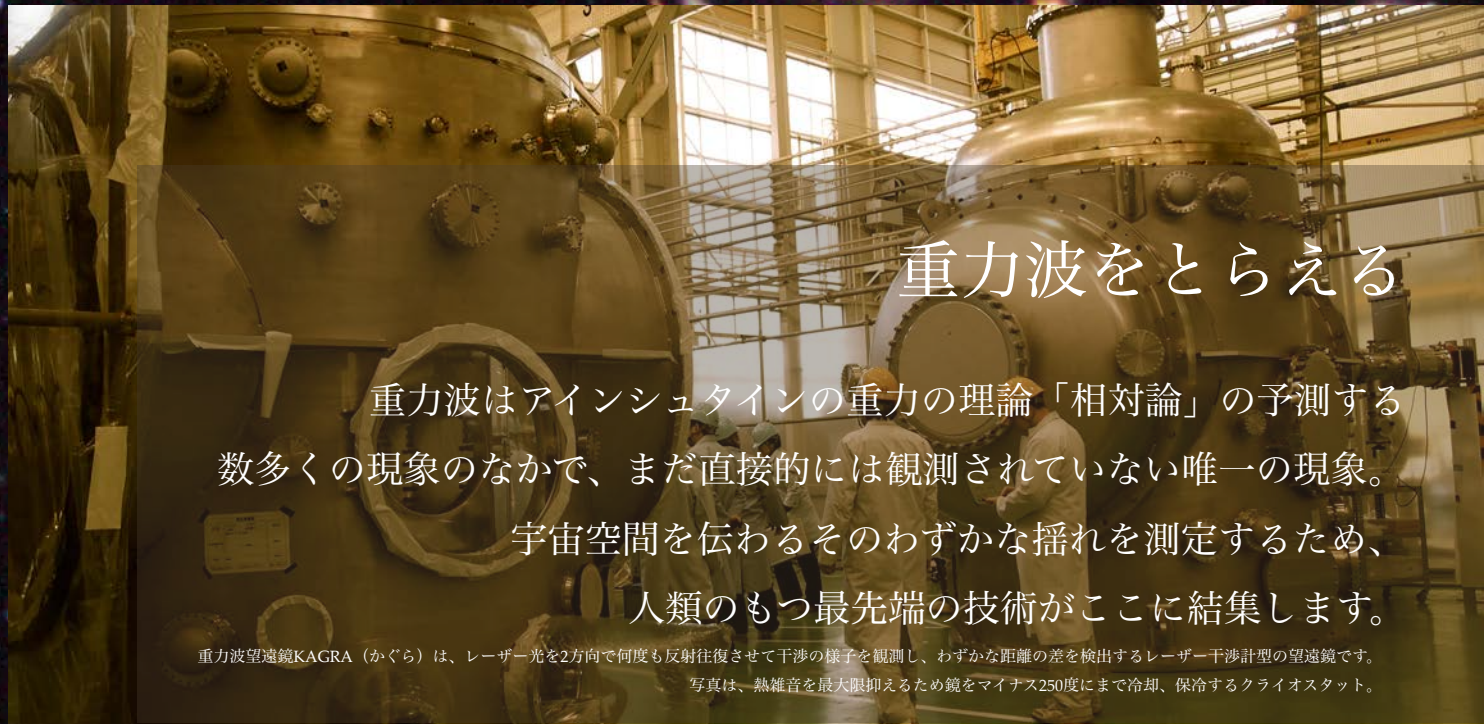




重力波をとらえる

重力波はアインシュタインの重力の理論「相対論」の予測する数多くの現象のなかで、まだ直接的には観測されていない唯一の現象。宇宙空間を伝わるそのわずかな揺れを測定するため、人類のもつ最先端の技術がここに結集します。

重力波望遠鏡KAGRA（かぐら）は、レーザー光を2方向で何度も反射往復させて干渉の様子を観測し、わずかな距離の差を検出するレーザー干渉計型の望遠鏡です。写真は、熱雑音を最大限抑えるため鏡をマイナス250度にまで冷却、保冷するクライオスタート。

重力波で宇宙をみる

宇宙はどのように誕生したのか——この究極の問いに直接迫ることのできる重力波。可視光、電磁波、ニュートリノと拡がってきた天体観測の手段に新たに重力波が加われば、今まで観測不能だった天体や宇宙の姿が明らかになります。

時間、空間、そして重力はとても身近なものなので、改めてこれらについてじっくり考えてみることは、あまりないかもしれません。日常生活では、重力とは何の関係もなく、時間は淡々と流れてゆき、空間は、たて、よこ、高さの3方向に、はてしなく広がっているように思えます。でも本当にそうでしょうか？

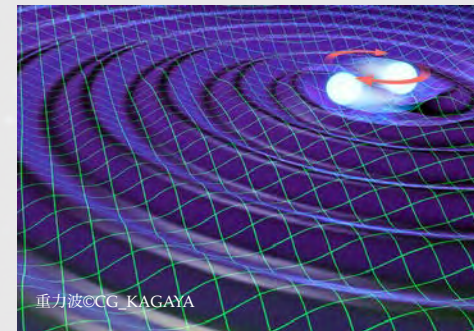
アインシュタインの考えた一般相対性理論では、重力の強いところでは、空間がゆがみ、時間はゆっくり進んでいく、と予測されます。たとえば、2つの重くて小さな星が、お互いのまわりをぐるぐる回っていると、星の重力のために、まわりの時空がゆがみ、星の動きにつれて変化するゆがみが、光の速さでさざなみのように周囲に広がっていく、と言われています。これが重力波です。

こんな不思議な波が本当にあるのなら、ぜひ、見てみたい、と思いませんか？しかし、重力波がやってきたとして、どうしたらそれが分かるのでしょうか？これまでにいくつかの方法が試されてきましたが、現在では主

に、「重力波が来ると長さが変わる」ことから、2つの鏡の間の長さを、レーザーを使って精密に測ることで重力波を見つけようとしています。鏡の間の長さをずっと測っていると、時々長さがちょっとだけ変わるので、重力波がやって来たことが分かる、というわけです。

それにしても、重力波による長さの変化はどれくらいなのでしょう？重力波がまだ見つかっていないことから考えても、とても小さそうです。先ほどの、重くて小さな星たちからやってくる重力波の場合でも、太陽と地球の間の長さを水素原子1個分変えるくらいではないか、と言われています。重力波による長さの変化がこれほど小さいので、他の原因で鏡の間の長さが変わってしまわないように、細心の注意が必要です。宇宙線研究所では、現在、他の機関と協力して岐阜県のトンネルの中に、およそ3キロメートル離して鏡をおき、重力波を見つけようとする

KAGRA（かぐら）計画を進めています。鏡を吊ったり、冷やしたり、いろいろな工



重力波CCG KAGAYA

深宇宙をとらえる

宇宙史最後の大イベント「宇宙再電離」の謎を、可視光・赤外線観測でひもときます。

光は宇宙で一番速く伝わりますが、それでも距離が長くなると到達するまで時間がかかります。ずっと遠方から届く光は、ずっと昔に発せられた光ですから、遠くの天体を見れば、宇宙の歴史をさかのぼることが出来ます。しかし星は遠ければ遠いほど、見かけ上暗くなり観測が難しくなります。このため、宇宙137億年の歴史の中でも、大イベントが立て続けに起こったとされる宇宙誕生最初の10億年間は、まだよく理解できていません。

しかし、世界最大級の主鏡を持つ望遠鏡であるすばる望遠鏡や600キロメートル上空で地球を周回するハッブル宇宙望遠鏡、2基の望遠鏡からなるケック望遠鏡など、世界最高感度を誇る大型望遠鏡を駆使し、特別に開発した狭帯域フィルターなど新たな手法を取り入れることで、さらに深部の原始銀河を探

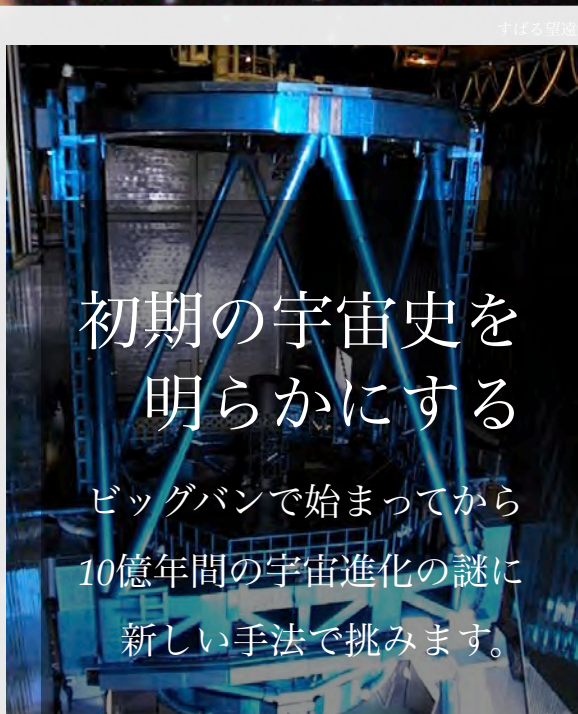
取られ、イオン化される「宇宙再電離」と呼ばれる大イベントがおきます。宇宙再電離が起るためには、電子を水素原子核（陽子）

手法で最深の宇宙の姿を研究しています。

現在見つかった最遠の銀河は、誕生からわずか10億年に満たないときに存在した銀河。いったいどのように形成されてきたのでしょうか。

ビッグバンで始まった宇宙は高エネルギーの素粒子が飛び交い光の通ることのできない世界でした。急激な膨張を経て宇宙が冷えると、素粒子は互いに結合し、水素原子がつくられ光が通ることができるようになります。これは「宇宙の晴れ上がり」と呼ばれ、誕生後40万年後に起こりました。

しかしその後、水素原子の電子が再びもぎ取られ、イオン化される「宇宙再電離」と呼ばれる大イベントがおきます。宇宙再電離が起るためには、電子を水素原子核（陽子）



初期の宇宙史を明らかにする

ビッグバンで始まってから10億年間の宇宙進化の謎に新しい手法で挑みます。

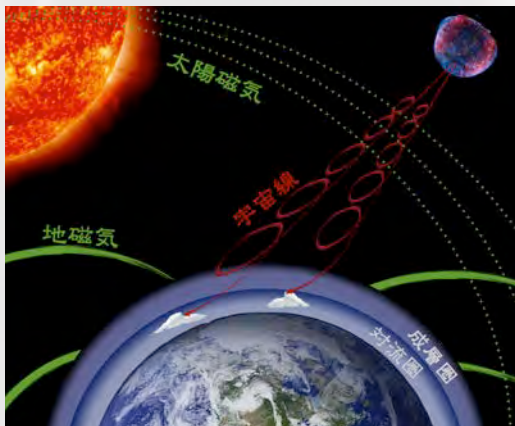
から引きはなすだけの十分なエネルギーの紫外線が存在していなくてはなりません。しかし、現在の観測から見積もられている原始銀河からの放射量は、宇宙全域で起こった再電離を説明するには不十分です。何が再電離を起こしたのか、さらにはどのような過程で起こったのかはまだ分かっていません。この宇宙史最後の大イベントを解き明かす研究が現在活発に行われています。

Column

宇宙線でみる地球と太陽系環境

宇宙線は地球の環境にも大きな影響を与えている可能性があります。エネルギーの高い放射線である宇宙線が大気中の分子にぶつくと、イオン化をひきおこしまわりの水蒸気をかき集めて雲をつくりやすくします。つまり宇宙線が多くなると雲が大量に発生して太陽光を反射するので、地球が寒冷化する可能性があるのです。

では、宇宙線の増減を決めているものは何でしょうか。それは、太陽の磁場です。太陽活動が停滞期に入ると太陽磁場も弱まります。それまで太陽系内に侵入しにくかった宇宙線が入りやすくな



り、地球に到達する宇宙線量が増えるという仕組みです。このような宇宙線の増減は、宇宙線がつくる放射性原子核の量を測ることで調べることができます。過去の放射性原子核は木の年輪や南極の氷床などに蓄積されており、これを調べることで詳細な情報を得ることができます。

また太陽近傍の磁場を調べることもできます。太陽の強力な磁場は、宇宙線の到来方向をずらしてしまうので遠方からやってくる宇宙線を調べるためには邪魔になりますが、この到来方向のずれを調べれば、太陽と地球の間の磁場を詳細に調査することができます。これは、宇宙線でみる「太陽の影」の変動を調べることで研究されており、チベット空気シャワー観測装置による14年以上におよぶ太陽の影の観測が大きな役割を果たしています。



宇宙線研究所が所有する樹齢約二千年の屋久杉