

重力波天文学の幕開け

KAGRAの名前は…

2011年2月に公募を行い、厳正な審査を経て「かぐら」を選出しました。「神楽」にもなぞらえていますが、神岡(KAMIOKA)の頭文字「KA(か)」と、重力波を表す英語「GRAVITATIONAL WAVE」の頭文字「GRA(ぐら)」を合わせたものにもなっています。



▲KAGRA施設責任者の大橋正健教授



▲今年7月に行われた施設見学会の様子

■重力波とは

アインシュタインの一般相対性理論によれば、質量をもった物体が存在すると、それだけで時空にゆがみができます。さらにその物体が運動すると、この時空のゆがみが光速で伝わっていきます。

この「さざ波」のような現象が重力波です。

■相対性理論

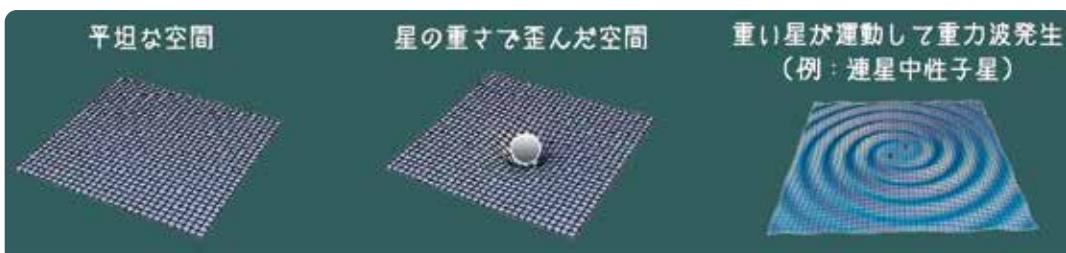
重力波は、一般相対性理論の研究を進めたアインシュタインによってその存在が1916年

■重力波の今後

に予想されていました。それから約100年もの間に渡り、様々な研究・実験が行われてきましたが、誰もその探知に成功しませんでした。アインシュタインからの最後の宿題とも言われた重力波は、2015年9月にアメリカの重力波望遠鏡LIGO(ライゴ)によって検出されました。

一度生まれた重力波は行く手に巨大な星などがあっても、影響を受けずに全てを貫通し減衰しないと考えられています。つまり、宇宙がビッグバンで始まった直後から今までに宇宙で放たれた重力波は、138億年

【重力波が伝わる様子】



経過した現在も、宇宙中に響き渡っています。
可視光や電磁波、ニュートリノと広がってきた天文学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るかもしれません。

■KAGRAの中身

下の写真は3kmのトンネルに設置された真空ダクトです。この中をレーザー光が走って行きます

■宇宙からの波動「重力波」

重力は、宇宙の構造や進化を支配するとても重要な力で、重力波を観測できるようになることは、宇宙の謎を知るために非常に重要です。KAGRA計画は、ブラックホールの解明などを目指し、着々と準備作業が続けられています

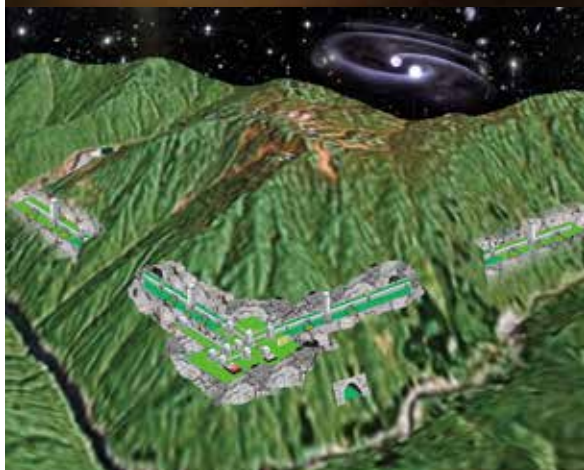


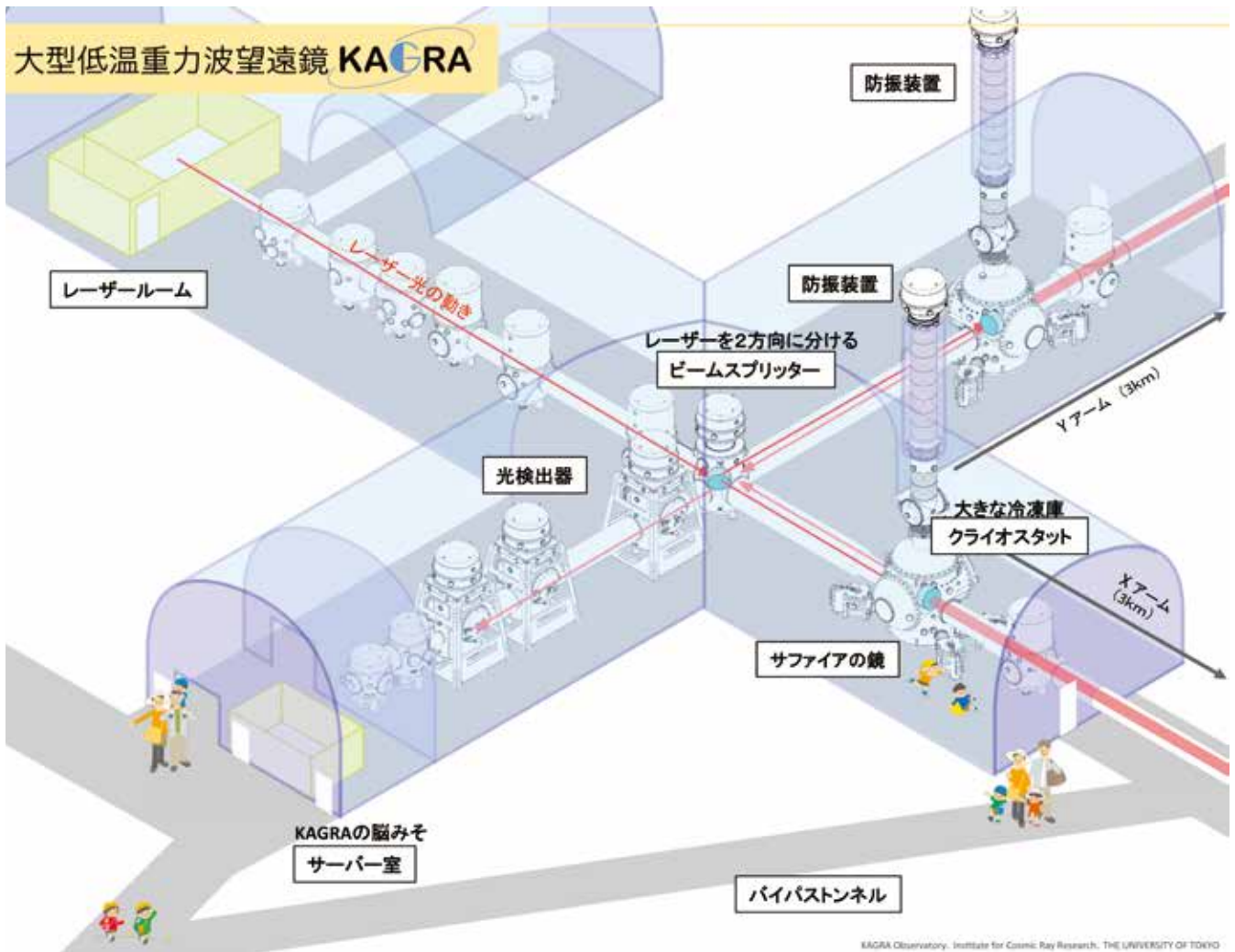
■KAGRA(かぐら)について

神岡鉱山の地下深くには、2002年にノーベル物理学賞を受賞した小柴昌俊博士の成果につながった宇宙素粒子研究施設「カミオカンデ」の後継施設「スーパーカミオカンデ」をはじめ、宇宙の謎に迫る世界最先端の研究施設が整備されています。そのひとつが大型低温重力波望遠鏡KAGRAです。

KAGRAは、2010年より神岡鉱山内において建設が開始されました。地下200mのところに、一辺3kmのL字型トンネルを掘削し、その中に設置されています。

2016年3月～4月には試験観測を行い、本格観測に向けた準備を着々と進めています。





KAGRA Observatory, Institute for Cosmic Ray Research, THE UNIVERSITY OF TOKYO



重力波ってもう見つかったのに
今から何をするの？

？ 実はこれからが一番面白いのです。今まで見えなかったものが重力波によって見えるようになったことで、「重力波天文学」という学問がスタートします。ただし、このためには少なくとも世界中で3台の重力波望遠鏡による観測がなければ正確な場所が分からないのです。そのため、KAGRA でも一刻も早く重力波を検出することができるように、グレードアップ作業を進めているのです。



どうやって重力波を
調べるんだろう？

？ レーザーを使って、XアームとYアームの長さを、とても正確にはかることで、重力波が来たときのほんのちょっとの長さの差を見つけることで重力波を調べます。KAGRA はとっても大きくて正確な「ものさし」なんです。

▼ サファイアの鏡？
KAGRAでは、レーザーの光をサファイアで作った鏡で反射させます。ほんの少しの振動を抑えるためにもサファイア鏡を絶対零度に近いマイナス253度で冷やすことに加え、いくつもの振りが連結している防振装置で吊るし、振動を抑える仕組みとなっています。

▼ なぜ地下にあるのか？
重力波による変化は非常に小さな物です。風や車などによる揺れや雑音（ノイズ）は重力波検出の邪魔をします。地下の揺れの大きさは地上の約1/100になるため、より安定した観測ができると言われています。

■ KAGRAを解剖する
重力波望遠鏡では、普通の光や電波の望遠鏡と異なり、レーザー干渉計というものを利用します。レーザー干渉計では、1つのレーザー光源からの光を直交する2つに分け、遠くに置いた鏡で反射させて、戻ってきた光の到達時間の差を測ります。重力波によって生じた時空のゆがみによりこの「差」が生まれるのです。

■大橋先生に伺いました

Q. 2016年3月～4月まで試験観測したKAGRAですが現状は？

A. 本格観測のために、サファイア鏡を入れる必要があります。現在はそのため必要な防振系の仮り組みをしているところです。

また、レーザー光源の発射装置の入替も行う予定です。試験運転では2つのレーザーを使用していましたが、今後は100倍の強さの200Wのものを使用する予定です。

加えて、より精度の高い観測を行うために実験室をクリーンルーム化する作業を進めています。



▲光検出器

Q. KAGRAでは東京大学以外の方も研究しているんでしょうか？

A. 富山大をはじめとして、様々な大学をパートナーとして共同で研究を進めています。梶田先生の助言により国際プロジェクトになったKAGRAは、アジア圏を中心に100人以上の研究者がサポートしています。



▲クリーンルーム化が進む実験室

Q. 地下（地中）にあるKAGRAには、どんなメリット・強みがありますか？

A. KAGRAは地中にあるため、風や自動車などによる揺れが小さく、長い時間安定して観測できると考えています。そのため、じっくりと天体の動きを見ながら、重力波の見落としを減らし、研究ができると思います。

Q. KAGRAの目標は？

A. KAGRAでは「ブラックホールができる瞬間を見たい」という目標に向け、日々研究に取り組んでいます。また、重力波を用いた天文学（重力波天文学）により、いろんな天体現象を観測したり、アメリカのLIGO（ライゴ）やイタリアのVIRGO（バーゴ）などの同様の重力波望遠鏡と連携し、重力波が発生した方向を探りたいと考えています。

Q. 苦労したことや大変だったことはありますか？

A. 毎日のように解決すべき課題が現れますが、最も大きなハードルはトンネル掘削時の水との戦いでした。地下深くで断層を貫通し建設したので、大量の水が出て大変でした。

あとは、サファイア鏡を作るのが大変で、大きな結晶をつくること、鏡にするために研磨すること、表面をコーティングすること、表面をコーティングするのも本当に苦労しています。



▲研磨されたサファイア鏡

Q. 梶田先生をはじめ、ノーベル賞受賞が続いていますが、どう思われますか？

A. 地道な基礎研究が行われた成果がノーベル賞や新発見、イノベーションに繋がっていると思います。日本はコソコソと研究を積み重ねるのが得意だと思います。



▲KAGRA制御室

Q. 施設見学の入入や高校生への講義などを積極的にに行っていますが？

A. KAGRAでは、様々な国の研究者が日々研究を行っています。ここで交流を深め、切磋琢磨し、それぞれがレベルアップしていき、そして、他国の研究所などに循環していきます。私はこれを「頭脳循環」と呼んでいます。KAGRAは世界的な頭脳循環に貢献したいと思っています。

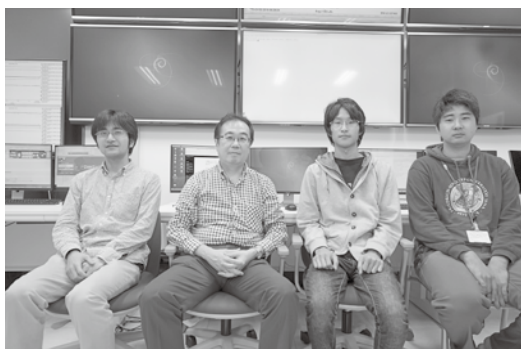
ており、その輪を広げるために見学の受け入れや学校での講義を行っています。

Q. 最後に市民の皆さんにメッセージをお願いします。

A. 地元の学生や子どもたちが外で勉強した後に、ここKAGRAと一緒に研究をして、立派な成果を挙げることができたらと思います。グローバルでボーダーレスな頭脳循環に皆さんもぜひ参加してください。

KAGRAは来年度中には低温干渉計として稼働する予定です。必ず成果を出すので、皆さん楽しみに待っていてください。

学生やポスドク（博士研究員）など若い研究者も神岡に常駐するようになってきました。



協力・写真提供: 東京大学宇宙線研究所附属重力波観測研究施設