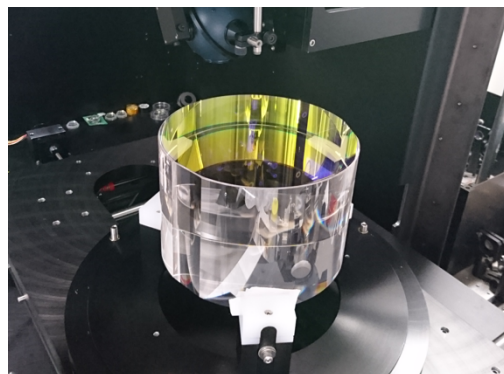


報道各位

2018 年 8 月 9 日
東京大学宇宙線研究所

大型低温重力波望遠鏡 KAGRA のサファイア鏡 4 基がすべて完成、 日本製のサファイア単結晶から作った鏡をプレス初公開

東京大学宇宙線研究所を中心として、国立天文台、高エネルギー加速器研究機構などが共同で推進し、岐阜県飛騨市の地下に建設中の重力波望遠鏡 KAGRA(かぐら)の最重要構成要素のひとつ、サファイア鏡(ミラー) 4 基すべてが完成しました。日本国内製サファイア単結晶で製作した 2 基のうち、最後の 1 基を東京大学柏キャンパスでプレスの皆様に下記の要領で公開します。



参加をご希望される方は添付の申し込みフォームに必要事項をご記入いただき、**8 月 17 日午後 4 時まで**に宇宙線研究所広報室まで**電子メール(icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp)**にてお申し込みください。皆様のご参加をお待ちしております。

記

KAGRA 用サファイア鏡のプレス公開

<日時> 2018 年 8 月 21 日(火) 10:00~12:30 頃 (9:30 受付開始)

<場所> 東京大学宇宙線研究所 6 階大会議室

柏キャンパス・千葉県柏市柏の葉 5-1-5,

つくばエクスプレス柏の葉キャンパス駅よりバスまたはタクシー約 10 分

<内容> 10:00~11:00 KAGRA とサファイア鏡製作についての説明(6 階大会議室)

11:00~12:00 サファイア鏡公開(地下 1 階 クリーンルーム)

12:00~12:30 ぶら下がり取材対応(6 階大会議室)

<対応者> 廣瀬 榮一(東京大学宇宙線研究所 特任助教)

大橋 正健(東京大学宇宙線研究所 教授・重力波観測研究施設長)

<サファイア鏡撮影時の注意点>

- ・ 撮影時間は、準備・撮影・交代を含めて 1 社あたり 5 分以内でお願いします。
- ・ 撮影場所が狭いので、撮影時の人数は 1 社あたり 2 人以内でお願いします。
- ・ サファイア鏡は埃を極度に嫌います。撮影時はクリーンルームに入らず、係員の指示した撮影範囲内での撮影にご協力をお願いします。

以上



図 1：東京大学柏キャンパス案内図

宇宙線研究所正面入口から入館、エレベーターで6階へお越しください。

柏キャンパスまでの交通手段：<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/beta/access.html>

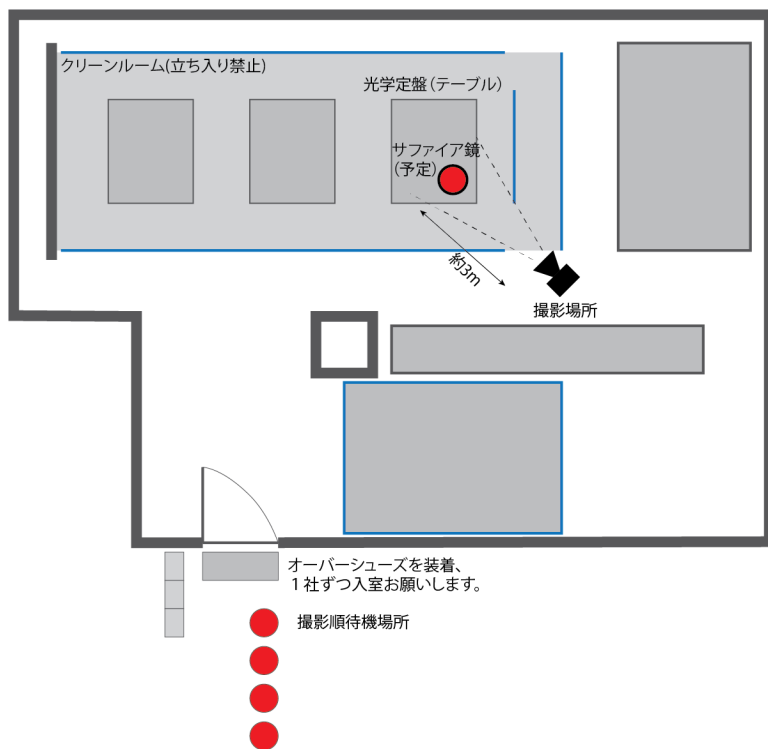


図 2：地下1階クリーンルーム撮影時のレイアウト
係員の指示に従い、1社ずつ入室をお願いします。

【概要】

KAGRA の最大の特徴は鏡を「冷やす」ことです。そのため、先行する米国の LIGO (ライゴ) や欧州の Virgo (ヴィルゴ) とは異なり、冷やししやすいサファイアでできた鏡を用います。KAGRA のサファイア鏡は直径 23 cm、厚さ 15 cm、重さ 23 kg で、高性能サファイアミラーとしては世界最大です。L 字型に伸びる 2 本の長さ 3 km の腕それぞれの先端と根元でレーザー光を何百回も折り返す「光共振器」として使うため、サファイア鏡は合計 4 基必要で、今回で全ての鏡がそろえることになります。この鏡を 9 月以降 KAGRA の低温真空容器内に設置し、世界最大の低温光共振器が完成します。その後、装置の調整を続け、2019 年内の本格観測開始を目指します。

【なぜサファイアの鏡を使うのか】

重力波望遠鏡とは、ブラックホールの連星や中性子星の連星が合体するときなどに発生する時空のひずみを観測する装置で、1 メートルあたり 10^{-20} (10 のマイナス 20 乗) メートルという、水素原子の大きさ (約 10^{-10} メートル) と比べて 10 桁も小さなひずみの観測をおこないます。そのためにレーザー光をビームスプリッターという鏡で L 字の 2 本の腕の方向に分け、それぞれの先端に配置した鏡で反射させて戻ってきた光のわずかな位相差 (到達時間の違い) を測定するいわゆるマイケルソン干渉計で重力波を観測します。この時、鏡の分子の熱運動も観測のノイズになるので、KAGRA では鏡を冷却し分子運動によるノイズを小さくします。冷やして使用するため、低温で熱伝導がよい (つまり冷やししやすい) サファイアの単結晶を鏡の材質として選びました。KAGRA の観測時、サファイアの熱がもっとも伝わりやすい 20 ケルビン (およそマイナス 253°C) で運転します。

この鏡を冷却するという技術は現在常温で運転している LIGO などでも将来の感度向上のために導入が検討されている技術のひとつで、日本の KAGRA はその先進的なアイデアをいち早く取り入れているといえます。

【光共振器を用いて感度をあげる】

重力波による空間のひずみは腕の長さに比例します。つまり、できるだけ長い距離をつかって測定すると小さなひずみまで検出できるようになります。そのために世界の重力波望遠鏡は 3~4km という長い腕を持つのですが、 10^{-20} メートルという小さなひずみの検出のためには 1 往復では足りないため、それぞれの腕の先端と根元に鏡を向かい合わせに置き、合わせ鏡の要領でレーザー光を何百回も往復させて (KAGRA の場合約 1000 回) 実効的な距離を稼ぎます。この仕組みを光共振器と呼びます。

感度を高めるには共振器の中に光を効率よくため込む必要があります。KAGRA の場合、光が共振器の中を一往復する間に失うレーザーパワーを 100ppm (1/10000) 以内に抑えることを目標としています。ところが、往復する間に光が共振器の外に漏れたり鏡に吸収されたりするのでこれは簡単ではありません。例えば、レーザー光が真空ダクト内を伝搬する間に径が広がるのを防ぐため、鏡の表面をわずかに凹面にして光を集めるようにしています。また、凹面部分が完全

な球面ではなくわずかでも誤差があると共振器の外に光が逃げて行ってしまうため、鏡を研磨するときに極力この誤差を小さくし、反射膜コーティングの膜厚が一様になるような非常に厳しい要求値で製作しています。KAGRA で用いるサファイアで鏡を作る場合、この厳しい要求値を大きなサイズで実現できるかどうかは前例がなくやってみるまでわかりませんでした。

【国内結晶メーカーと共同で新たな課題を克服】

KAGRA の4基のサファイア鏡のうち、腕の先端に設置したはじめの2基の鏡(エンドミラー)はレーザー光の反射のみを考えればよく、米国製のサファイア結晶から製作した鏡が要求性能を満たしました。一方、手前に設置する2基の鏡(インプットミラー)は入射するレーザー光や光検出器へと導くレーザー光がサファイア結晶中を通過します。このとき結晶中の屈折率が一样でないとレーザー光がゆらぎ、感度低下の一因となってしまいます。また、結晶中の屈折率が変化する部分では、光の吸収も大きいことがわかりました。一般にサファイア結晶は LIGO など で用いられている合成石英と比べて屈折率の非一様性がひと桁ほど大きく、屈折率なるべく一样で低吸収の結晶を開発することが3、4基目のサファイア鏡の成功の鍵となっていました。東京大学宇宙線研究所の廣瀬榮一特任助教の率いる KAGRA の鏡チームは日本国内の結晶メーカーと試行錯誤しながらなんとか要求値を満たすサファイア結晶を製作することに成功しました。さらに、わずかに残った屈折率の非一様性の影響を抑えるために鏡の厚さを場所によって変更を加えることで補正し、十分な性能のインプットミラーが完成しました。

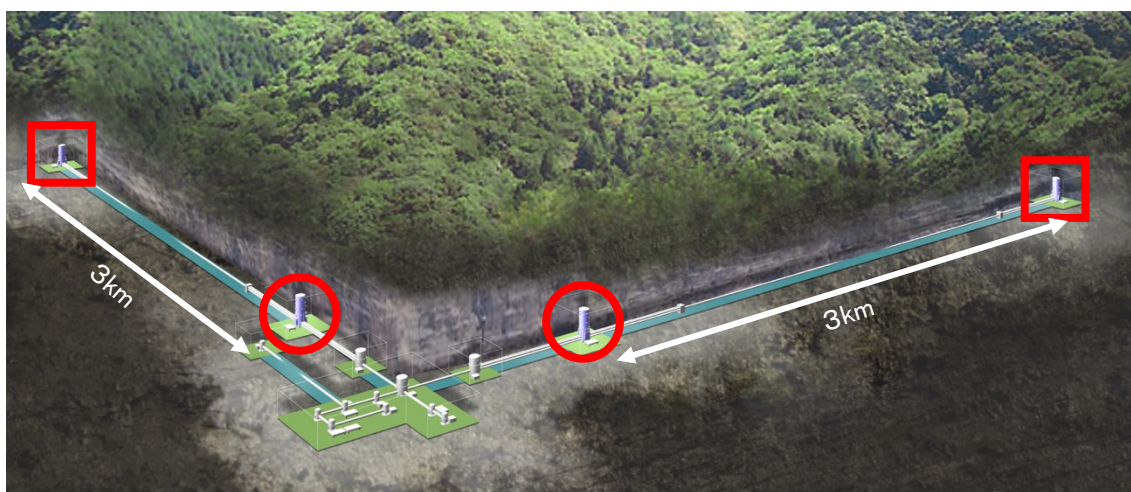


図 3: サファイア鏡の設置場所。米国製結晶を用いたエンドミラーは□で示した低温容器内に、日本製結晶を用いたインプットミラーは○で示した低温容器内に設置する。

東京大学宇宙線研究所 広報担当 中村宛

TEL: 04-7136-5148

Email: icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp

大型低温重力波望遠鏡 KAGRA のサファイア鏡プレス公開(8月21日) 参加申込書

※参加ご希望の方は**8月17日（金）午後4時まで**に宇宙線研究所広報室（icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp）まで、電子メールにてご連絡をお願いします。

貴社名：_____

氏名	連絡先
	(電話番号) (Email)
	(電話番号) (Email)
	(電話番号) (Email)

【本件に関するお問い合わせ先】

〈大型低温重力波望遠鏡 KAGRA に関すること〉

東京大学宇宙線研究所 KAGRA 広報 大林

TEL: 04-7136-5188 (平日 9 時～17 時)

Email: kagra-pub@icrr.u-tokyo.ac.jp

〈東京大学宇宙線研究所に関すること〉

東京大学宇宙線研究所 広報担当 中村

TEL: 04-7136-5148 (平日 10 時～17 時)

Email: icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp