

27aTL-1 大型低温重力波望遠鏡 (KAGRA) プロジェクトの現状

東大理, 東大宇宙線^A, 国立天文台^B, 高工本研^C, 東大新領域^D, 東大工^E, 東工大^F, 阪市大^G, 京大理^H, 電通大レーザー研^I, 東大地球研^J, 法政大理工^K, 産総研計測標準^M, 情報通信研^N, 阪大理工^O, 京大基礎^P, 九大基礎^Q, 京大基礎^R, 京大基礎^S, 京大基礎^T, 京大基礎^U, 京大基礎^V, 京大基礎^W, 京大基礎^X, 京大基礎^Y, 京大基礎^Z, 長岡理工大¹, 日大生産工², 弘前大理工³, 東北大理⁴, 立教大理⁵, 広島大理⁶, 琉球大理⁷, 早大先端理工⁸, 早大教育⁹, 帝京大理工¹⁰, 富山大理¹¹, 富山大理¹², 富山大理¹³, 横浜国立大¹⁴, 福岡大¹⁵, 豊知理工大¹⁶, JASSO¹⁷, IMS¹⁸, IPMU¹⁹, 防衛大²⁰, MPQ/AEI²¹, Caltech²², UWA²³, LSU²⁴, 北京師範大天文²⁵, IUCAA²⁶, Moscow U²⁷, LATMOS/CNRS²⁸, 中国科大²⁹, 清華大情報³⁰, 台湾計量研³¹, Univ. Maryland³², Univ. Columbia³³, Univ. West Scotland³⁴, Univ. Sannio³⁵, Rome University³⁶, 上海師範大宇宙³⁷, 台湾清華大物理³⁸, 高麗大物理³⁹, 仁済大自然科学⁴⁰, ソウル大物理天文⁴¹, 明知大物理⁴², 韓国 KAERI 量子光学⁴³, 漢陽大物理⁴⁴, プサン大物理⁴⁵, 韓国 KISTI 情報⁴⁶, 韓国 NIMS⁴⁷, 慶北大天文⁴⁸, 蔚山大物理⁴⁹, 韓国 KIAS⁵⁰, Sogang University⁵¹, 中国科学院 SIC⁵², PSU⁵³, MSU⁵⁴, IISER-TVM⁵⁵, NIKHEF⁵⁶, UWM⁵⁷.

安東 正樹, 梶田隆章^A, 黒田和明^B, 大橋正健^C, 川村静児^D, 三代木伸二^E, 内山隆^F, 宮川治^G, 大石奈緒子^H, Alexander Khalaidovski^I, Rahul Kumar^J, 西田恵里奈^K, 石塚秀史^L, 東谷千比呂^M, 廣瀬孝一^N, 上泉真裕^O, 岩崎詩子^P, 榊原裕介^Q, 関口貴令^R, 陳タン^S, 中野謙次^T, 手嶋航太^U, 小野謙次^V, 小仁所志菜^W, 西村寛^X, 渡辺篤^Y, 藤本真貴^Z, Raffaele Flaminio¹, 高橋竜太郎², 上田曉俊³, 阿久津智忠⁴, 原巳大輔⁵, 中村康二⁶, Fabian Pena Arellano⁷, Daniel Friedrich⁸, 石崎秀晴⁹, 島屋義男¹⁰, 田中伸幸¹¹, 奥野弘基¹², 江口智士¹³, 山本明¹⁴, 鈴木敏一¹⁵, 木村誠広¹⁶, 都丸隆行¹⁷, 井岡邦仁¹⁸, 齊藤芳男¹⁹, 久米達哉²⁰, 小池重明²¹, 横山順一²², 榊原篤史²³, 伊藤洋介²⁴, 坪野公夫²⁵, 麻生洋一²⁶, 平松成範²⁷, 殿山涉²⁸, 岡田健志²⁹, 松本伸之³⁰, 道村唯太³¹, 正田亜八音³², 柴田和憲³³, 牛嶋崇文³⁴, 渡辺謙平³⁵, 三尾典克³⁶, 森脇成典³⁷, 大前宣昭³⁸, 千葉智弘³⁹, 福本辰夫⁴⁰, 鈴木健一郎⁴¹, 古谷寛之⁴², 船谷鉄夫⁴³, 河合誠之⁴⁴, 赤宮健太郎⁴⁵, 須佐友紀⁴⁶, 上田慎一郎⁴⁷, 加藤孝平⁴⁸, 柴田綾香⁴⁹, 神田康行⁵⁰, 富山和夫⁵¹, 横澤孝章⁵², 山本尚弘⁵³, 藤原浩貴⁵⁴, 田中幸一⁵⁵, 浅野光洋⁵⁶, 鳥谷仁人⁵⁷, 中尾憲一⁵⁸, 中村卓史⁵⁹, 瀬戸直樹⁶⁰, 西澤篤志⁶¹, 植田憲一⁶², 米田仁紀⁶³, 中川賢一⁶⁴, 武者清一⁶⁵, 新谷昌人⁶⁶, 高森昭光⁶⁷, 佐藤修一⁶⁸, 林翔平⁶⁹, 東浦孝典⁷⁰, 高辻利之⁷¹, 尾藤洋一⁷², 寺田 隆一⁷³, 長野重夫⁷⁴, 田越秀行⁷⁵, 上野昂⁷⁶, 成川達也⁷⁷, 佐野保道⁷⁸, 高倉理⁷⁹, Luca Baiotti⁸⁰, 佐々木節⁸¹, 柴田大⁸², 田中貴浩⁸³, 中野寛之⁸⁴, 関口雄一郎⁸⁵, 佐合紀親⁸⁶, 斎藤那葉⁸⁷, 新富孝和⁸⁸, 大原謙一⁸⁹, 平沼悠太⁹⁰, 金山雅人⁹¹, 若松剛司⁹², 佐藤孝⁹³, 大河正志⁹⁴, 土井康平⁹⁵, 前原進也⁹⁶, 清水直弥⁹⁷, 高橋弘毅⁹⁸, 堀本宣朗⁹⁹, 浅田秀雄¹⁰⁰, 二間謙敏¹⁰¹, 高橋史宜¹⁰², 原田知広¹⁰³, 小島慶史¹⁰⁴, 瓜生慶史¹⁰⁵, 山田寛一¹⁰⁶, 西條統之¹⁰⁷, 大森隆夫¹⁰⁸, 松島房和¹⁰⁹, 森脇智紀¹¹⁰, 小林かおり¹¹¹, 榎本勝成¹¹², 米山直弥¹¹³, 宮本進也¹¹⁴, 大石敏¹¹⁵, 肌ノ下隆哉¹¹⁶, 柿崎光¹¹⁷, 小野行徳¹¹⁸, 堀匠寛¹¹⁹, 早川陽介¹²⁰, 廣林茂樹¹²¹, 沖野浩二¹²², Micheleto Ruggero¹²³, 岡武蔵¹²⁴, 中谷一郎¹²⁵, 飯田崇帆里¹²⁶, 鹿野豊¹²⁷, 泰山富雄¹²⁸, 上原知幸¹²⁹, 川添史子¹³⁰, Yanbei Chen¹³¹, 河邊隆太¹³², 新井宏二¹³³, Haixing Miao¹³⁴, 和泉究¹³⁵, M.E.Tobar¹³⁶, D. Blair¹³⁷, Ju Li¹³⁸, Chunnong Zhao¹³⁹, Lingqing Wen¹⁴⁰, Warren Johnson¹⁴¹, 若山圭以子¹⁴², Zong-Hong Zhu¹⁴³, S. Dhurandhar¹⁴⁴, S. Mitra¹⁴⁵, V. Milyukov¹⁴⁶, Lucio Baggio¹⁴⁷, Yang Zhang¹⁴⁸, Junwei Cao¹⁴⁹, Sheau-Shi Pan¹⁵⁰, Sheng-Jui Chen¹⁵¹, 沼田健司¹⁵², Szabolcs Marka¹⁵³, Zeussanna Marka¹⁵⁴, Stuart Reid¹⁵⁵, Innocenzo Pinto¹⁵⁶, Vincenzo Galdi¹⁵⁷, Vincenzo Pierro¹⁵⁸, Giuseppe Castaldi¹⁵⁹, Riccardo DeSalvo¹⁶⁰, Rocco P. Croce¹⁶¹, Maria Principe¹⁶², Vincenzo Matta¹⁶³, Fabio Postiglione¹⁶⁴, Maurizio Longo¹⁶⁵, Paolo Adesso¹⁶⁶, Adele Fusco¹⁶⁷, Ettore Majorana¹⁶⁸, Xiang-hua Zhai¹⁶⁹, Ping Xi¹⁷⁰, Wei-Tou Ni¹⁷¹, Hsien-Hao Mei¹⁷², Shan-jyun Wu¹⁷³, Tai Hyun Yoon¹⁷⁴, Hyung Won Lee¹⁷⁵, Kyoung Yee Kim¹⁷⁶, Jeongeho Kim¹⁷⁷, Hyung Mok Lee¹⁷⁸, Chunglee Kim¹⁷⁹, Jae Wan Kim¹⁸⁰, Yong-Ho Cha¹⁸¹, Hyun Kyu Lee¹⁸², Chang-Hwan Lee¹⁸³, Gungwon Kang¹⁸⁴, John J. Oh¹⁸⁵, Sang Hoon Oh¹⁸⁶, Myeong-Gu Park¹⁸⁷, Sang Pyo Kim¹⁸⁸, Maurice H.P.M. van Putten¹⁸⁹, Ch. Kyuman¹⁹⁰, Jun Xu¹⁹¹, Lihe Zhang¹⁹², Jingya Wang¹⁹³, 櫻山和己¹⁹⁴, 八木純外¹⁹⁵, Archana Pai¹⁹⁶, 我妻一博¹⁹⁷, 久徳浩太郎¹⁹⁸.

重力波の初観測と重力波天文学の創生を目指して、岐阜県・神岡で建設が進められている低温大型重力波望遠鏡 KAGRA の現状を紹介する。

27aTL-4 重力波検出器 KAGRA の主干渉計開発 III

東大理, 国立天文台^A, 東大宇宙線研^B, 東工大^C, Caltech^D, LIGO Hanford^E, NIKHEF^F, 麻生洋一^G, 赤宮健太郎^H, 宮川治^I, 山元一広^J, 道村唯太, 柴田 和憲, 辰巳大輔^K, 阿久津智忠^L, 我妻一博^M, 西田恵里奈^N, 陳タン^O, 安東正樹, 新井宏二^P, 和泉究^Q, 山本博章^R, KAGRA Collaboration

Development of the main interferometer part of the KAGRA gravitational wave detector

Phys. U. Tokyo, NAOJ^A, ICRR^B, TITECH^C, Caltech^D, LIGO Hanford^E, NIKHEF^F, Yoichi Aso^G, Kentaro Somiya^H, Osamu Miyakawa^I, Kazuhiro Yamamoto^J, Yuta Michimura, Kazunori Shibata, Daisuke Tatsumi^K, Tomotada Akutsu^L, Kazuhiro Agatsuma^M, Erina Nishida^N, Dan Chen^O, Masaki Ando, Koji Arai^P, Kiwamu Izumi^Q, Hiroaki Yamamoto^R and the KAGRA Collaboration

現在建設中の重力波検出器 KAGRA 計画では、連星中性子星の検出可能距離に換算して 200Mpc を超える感度を実現し、重力波天文学の創成を目指す。そのために KAGRA では第一世代干渉計を大きく上回るレーザーパワーを用いて、RSE と呼ばれる複雑な干渉計方式を採用する。一方でこのような干渉計を設計通りの感度で動作させるためには、その構成要素である鏡の位置と姿勢を精密に制御し、干渉計各部の干渉条件、共振条件を理想的な状態に保つ必要がある。特に多数の鏡を用いる RSE 干渉計では制御に必要な誤差信号の取得方法を工夫する必要がある。具体的には複数の変調サイドバンドを用いて干渉計各所の情報を取得するが、その際に信号の分離比や信号強度を最大化するため、干渉計パラメータの最適化が必要となる。さらに干渉計内に蓄積される 400kW 近いレーザーパワーによって引き起こされる輻射圧不安定性や機械振動モードの励起といった問題にも対処しなければならない。

これまでに主干渉計の基本パラメータ設計は完了しており、現在は具体的な実装に必要な光検出器や制御回路の設計と製作、試験を行なっている。本講演では KAGRA 干渉計の設計概要を説明し、その開発の現状を報告する。

27aTL-2 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の建設状況 III

東大宇宙線研, KAGRA Collaboration^A, 内山隆, 大橋正健, 三代木伸二, 宮川治, 大石奈緒子, KAGRA Collaboration^A

Construction Status of KAGRA Large-scale Cryogenic Gravitational Wave Telescope Tunnel III

ICRR UT, KAGRA Collaboration^A, Takashi Uchiyama, Masatake Ohashi, Shinji Miyoki, Osamu Miyakawa, Naoko Ohishi, KAGRA Collaboration^A

現在神岡鉱山(岐阜県飛騨市)にて建設中の大型低温重力波望遠鏡 KAGRA は、年間複数回の重力波検出を目標に設計された、片腕 3,000m のレーザー干渉計である。地面振動の小さい鉱山内部に装置を設置する取り組みは、鏡を 20K に冷却して熱雑音を下げる手法と共に、KAGRA の目標感度を実現する上で欠くことのない要素である。

KAGRA を設置する地下実験室は、直交する 2 本の腕トンネル(X arm, Y arm)、腕トンネルの直交する角に作られる中央実験室エリア、各腕トンネルの端に作られる X end, Y end 実験室エリアで構成される。さらに、外部から地下実験室にアクセスするために 2 本のトンネルが掘削される。掘削延長は 7,800m におよび、その内訳は腕トンネルが 6,000m、各実験室エリアの合計が 920m、外部からのアクセストンネルが 880m になり、掘削土量は 146,000m³ に達する予定である。

掘削工事は 2012 年 5 月より始められ、2014 年 3 月末の完成を目指している。工事の進捗状況は、2013 年 12 月末の段階で、両アクセストンネル、中央実験室エリア、Y end 実験室エリアがほぼ完成し、各腕トンネルの掘削に関しては X arm トンネルが中央エリアから 2520m、Y arm トンネルに関しては、2013 年 12 月 5 日に貫通した。

本講演では、地下実験室の設計概要を説明した後、掘削工事の最新の進捗状況を紹介する。

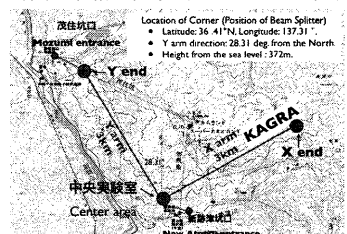


図 1 KAGRA トンネル概略図

27aTL-5 KAGRA 用防振装置の開発 XI

国立天文台, 東大宇宙線研^A, 東大地震研^B, Univ. Sannio^C, INFN Rome^D, NIKHEF^E

高橋竜太郎, 石崎秀晴, Fabian E. Pena A., Ramsey Lundock, 山元一広^A, 内山隆^A, 関口貴令^A, 小野謙次^A, 宮川治^A, 上泉真裕^A, 高森昭光^B, Riccardo DeSalvo^C, Ettore Majorana^D, Eric Hennes^E, Jo van den Brand^F, Alessandro Bertolini^G, Kazuhiro Agatsuma^H, J. van Heijningen^I, KAGRA collaboration

Development of vibration isolation system for KAGRA XI

NAOJ, ICRR^A, ERI^B, Univ. Sannio^C, INFN Rome^D, NIKHEF^E, Ryutaro Takahashi, Hideharu Ishizaki, Fabian E. Pena A., Ramsey Lundock, Kazuhiro Yamamoto^A, Takashi Uchiyama^A, Takanori Sekiguchi^A, Kenji Ono^A, Osamu Miyakawa^A, Masahiro Kamiizumi^A, Akiteru Takamori^B, Riccardo DeSalvo^C, Ettore Majorana^D, Eric Hennes^E, Jo van den Brand^F, Alessandro Bertolini^G, Kazuhiro Agatsuma^H, J. van Heijningen^I, KAGRA collaboration

干渉計型重力波検出器を構成するミラーは地面振動から十分防振されている必要がある。KAGRA 用防振装置には観測帯域である 100Hz で 10⁶ 以上の防振比が要求される。さらにミラーのアクチュエータ雑音や低周波でミラーに大きな信号を返すことにより観測帯域での雑音が増える非線形雑音を避けるために、ミラーの RMS 変位を 0.1 μm 以下に抑える必要がある。

KAGRA の防振装置は pre-isolator, filter chain, payload という 3 つの部分からなり、それぞれプロトタイプによる試験が進行中である。Payload はプロトタイプの組み立てを開始し、ローカルセンサの性能評価などを行った。また国立天文台にある TAMAS300 を用いたフルプロトタイプ試験を準備中で、架台部分のモード解析などを行っている。本講演では KAGRA 用防振装置の開発及び製造状況について報告する。