

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：大型低温重力波望遠鏡に関する研究（V） 英文：Research of Large-scale Gravitational wave Telescope (V)
研究代表者 川村静児（東大宇宙線研） 参加研究者 梶田隆章（東大宇宙線研）、大橋正健（東大宇宙線研）、齊藤芳男（東大宇宙線研）、安東正樹（東大）Raffaele Flaminio（国立天文台）、神田展行（大阪市大）、鈴木敏一（KEK）、松島房和（富山大）他、計 242 名
研究成果概要 iKAGRA の建設とコミッショニングを行い、マイケルソン干渉計の動作（フリンジロック）に成功した。そしてその状態で、第 1 期の試験運転（2016 年 3 月 25 日～3 月 31 日）を行った。また、bKAGRA に向けての各サブシステムの準備や開発を行った。 まず、インフラにおいては、真空システムの構築、出射光学系用真空槽の製作とその設置、真空槽用クリーンベース 4 基の建設を行った（図 1 参照）。 入出射光学系に関しては、インプットモードクリーナーをインストールし（図 2 参照）、安定化レーザーから光を入射し、共振状態にロックし、周波数安定化を行った。また、ファラディアイソレーターとモードマッチングテレスコプをインストールし、主干渉計に安定な光を供給した。さらに、主干渉計の出射光学系も設置した。 防振系に関しては、パワーリサイクリング用折り返し鏡用防振装置を組み立て、これをインストールした。テストマスのリコイルマスに固定した構成ではあるが、上部機構のアライメントにより 3km 先への入射光導入に成功した。 主干渉計は、3km のマイケルソン干渉計であり、これをミッドフリンジにロックし、安定に動作させることによって、3km の真空ダクトの設置精度などに大きな問題はないことを確認した。また坑内の床面ドリフトなどについて貴重なデータを得ることができた。さらに、干渉計を動作させる過程 図 1. KAGRA 坑内の中央エリア。 図 2. インプットモードクリーナー。

において、坑内におけるコミッショニング作業の手法を確認し、問題点や改善点を洗い出せたことは、bKAGRA のコミッショニング計画策定に向けて大変有用であった。

なお、干渉計においては、主要な迷光をダンプするため光学バッフルを設置し、また、懸架鏡に関してはローカルな角度センサーである光てこも設置した。さらに、干渉計各所での光の状態をモニターするためのデジタルカメラも設置した。

干渉計の制御等に用いたアナログ回路としては、18 種類、約 250 台、基板枚数にして 1000 枚程度を製作した。これらの回路の多くは計算機によるリモート制御に対応している。また、計算機によるリアルタイム制御系を構築し、複数台の計算機を介して 3km 先の鏡にフィードバックすることでマイケルソン



図 3. データ解析棟にある制御室。

干渉計の制御を行っている。本システムによって、データ解析棟にある制御室（図 3 参照）から、KAGRA のほぼ全ての機能をリモートで制御することが可能となったため、坑内を無人にしての干渉計自動運転、動作が外れた際の自動復帰等、観測体制の構築及び安定化等に大きく寄与する結果となった。結果として、試験運転中は、装置の稼働率は 85.2%であり、主干渉計の最長ロック時間は 3.6 時間であった。

計算機システムはまた、データ収集システムの役割も担っており、干渉計感度信号を含む各種データが取得される。観測データの転送システムも構築され、試験運転中はデータをリアルタイムで自動転送し、データ解析棟、柏キャンパスに設置した保管システム、ならびに大阪市大の解析用クラスタに保存した。また、データ解析のため、各重力波源に対して、探査パイプラインの開発・整備も行った。さらに、干渉計の状態を把握する助けとなるグラフ群を Web に表示し、データを解析するツールの構築を行い、試験運転中、常時動作させた。

レーザー伸縮計に関しては真空系の設置を完了し、1.5km の往復光路にレーザー光を導入した。また、坑内環境モニターとして、温湿度・気圧・地震の記録を開始した。

また、bKAGRA 用のハイパワーレーザーの開発も引き続き行った。特に、ビーム品質の改善においては、固体レーザー内でのモード径を調整して、ほぼ円形のビームを得ることができた。しかし、ビーム径を最適化すると出力が低下することが判明したため、今後は、高出力と高ビーム品質の両立を目指し、波面補正などの手法の導入を進める。

同じく bKAGRA 用の低温鏡懸架系に関しては、設計図面を完成させ、1 号機を製作した。サファイア懸架部分についても初歩的なプロトタイプを製作し、テストを実施した。クライオスタット関係では、残り 2 台の断熱真空設備を製作した。