

1.1 坪野研究室

日本の重力波研究の長年の目標であった大型レーザー干渉計重力波検出器計画 KAGRA(旧 LCGT) プロジェクトが、ついに 2010 年 10 月よりスタートした。メインのターゲットは連星中性子星の合体にともなう重力波であり、KAGRA が完成すれば確実に年に数回の重力波イベントを検出できるはずである。現在は光学設計やインフラ整備が急ピッチで進んでいる。また全長 6km におよぶ巨大な真空パイプや低温冷却系の一部が完成している。

一方で、宇宙空間を利用した重力波検出計画も構想されており、われわれは日本独自のスペース重力波検出器 DECIGO を提唱している。これを実現するための基礎研究として、小型衛星を用いた予備実験などの準備を進めている。これらの基礎研究をもとにして、DECIGO によって巨大ブラックホールや宇宙初期のインフレーションに起源をもつ重力波をとらえようとする計画を推進中である。

また、地上で低周波の重力波を検出することが可能な新しいタイプの重力波検出器 TOBA(Torsion Bar Antenna)を開発し、実際に観測をおこなった。この TOBA の開発およびそれを用いた観測をまとめた博士論文によって、石徹白晃治氏(現東北大学)は第 6 回(2012 年)日本物理学会若手奨励賞を受賞した。[1, 7]

1.1.1 大型レーザー干渉計重力波検出器 KAGRA の建設

KAGRA(LCGT) は岐阜県神岡の地下サイトに一边 3km 全長 6km の L 字型巨大レーザー干渉計を建設し、宇宙からの重力波を検出しようとするプロジェクトである。2010 年 10 月よりプロジェクトがスタートしたが、本年度は 1 月 20 日に神岡でトンネル施設の着工式が開催され、1 月 28 日にはそれまで LCGT と呼ばれていたプロジェクト名に KAGRA という愛称がつけられた。装置の建設は順調に進んでおり、2015 年には常温での運転が、2018 年からは低温での重力波観測が可能になる予定である。これによって世界初の重力波検出をめざしている。[5, 6, 14, 26, 30, 33, 50]

主干渉計設計

KAGRA の心臓部である主干渉計は、到来する重力波の情報をレーザーの位相変化へ転写し、最終的に計算機が処理可能な電圧信号へと変換するトランスデューサーの役割を果たす。主干渉計の各種パラメーターは様々な要素を考慮して最適化されなければならない。重力波に対する感度を最大化することはもちろんであるが、現実の光学部品等に不可避免的に含まれる誤差などの影響を受けにくく、さらに干渉計を制御するための信号が取得可能であるような設計を行う必要がある。本研究室では干渉計の動作をシミュレートする計算機モデルを構築し、この多

自由度最適化問題にアタックしている。現在までに、主干渉計の基本パラメーターを全て決定した。さらにこのシミュレーションコードを用いて、入力レーザーの周波数雑音などのテクニカルノイズが干渉計出力にどのように現れるかを計算し、それらに対する要求値を設定した。また、ガウシアンビームを任意の光学系中で自動的にレイトレースするプログラムを開発し、これを用いて干渉計レイアウトの最適化と、鏡 AR 面反射などで発生する迷光の追跡及び対策を行っている。[3, 4, 12, 25, 47, 49, 51]

アライメント制御

レーザー干渉計を高感度な重力波検出器として用いるには、干渉計を構成する鏡の位置と姿勢を高精度に制御する必要がある。KAGRA では高出力レーザーを入射光として用いるため、干渉計の片腕の Fabry-Perot 共振器内を往復するレーザーパワーは 400 kW にも及ぶ。そのため、共振器を構成する鏡の傾きに対してレーザー輻射圧トルクがそれを拡大させる方向に働き、角度不安定性が自発的に生じてしまうという問題がある。

我々は干渉計シミュレーションを元に、各鏡の変位信号の分離がしやすく、また、角度不安定性が小さくなるよう KAGRA の干渉計パラメーターを決定した。さらに、鏡の懸架系の 3 次元剛体シミュレーションの結果と合わせ、角度制御系の設計を行った。[11, 47]

パラメトリック不安定性

KAGRA では、その腕には数百 kW もの光学パワー蓄えられる設計になっている。このとき干渉計のパラメーターによっては、鏡の弾性モードが干渉計の基本モードのフォトンに散乱して高次モードに励起し、本来蓄えられないはずの TEM 高次モードが干渉計の中に蓄えられることによって、干渉計のロックに支障を来しうる。この問題をパラメトリック不安定性と呼ぶ。bKAGRA における鏡の曲率半径の候補値それぞれについて、候補値周りでパラメトリック不安定性が起こるのか否かを検証した。

低温接合・低温物性の研究

KAGRA では鏡の熱雑音を低減するために最終的には干渉計の鏡を極低温まで冷却する。また、干渉計の鏡を吊るす際にシリケート接合と呼ばれる接合法が使用される予定である。しかしながらシリケート接合は常温でよく用いられる接合であり、低温での特性(機械強度など)はよくわかっていない。また、KAGRA で鏡を吊るすのに使用される金属ワイヤーの選定も行う必要がある。そこで、坪野研究室では高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同でシリケート接合の低温物性測定や金属ワイヤーの低温物性測定を行っている。

2011年度は水酸化カリウム水溶液を用いてサファイアサンプルの接合およびサンプルの熱サイクル試験・種々の金属ワイヤーのRRR測定を行った。RRRとは常温での抵抗値を極低温（今回は4.2K）での抵抗値で割った値のことで、残留抵抗比と呼ばれるものである。金属ワイヤーのRRRの測定では、ベリリウム銅・リン青銅・モリブデンの三種類の金属ワイヤーのRRRの測定に成功した。[15, 16]

光検出器 (PD) 感度一様性の測定

KAGRAのレーザーには極めて高い強度安定度が必要とされ、その要求値は相対強度変動で 10^{-9} 以下である。そのため、極めて高性能のレーザー強度安定化制御を行うことが必要とされる。強度安定化制御に用いられる光検出器 (PD) は、レーザー強度の実変動のみを捉える必要がある。しかし、もしPD受光面に光-電流変換効率の非一様性があると、ビームジッタが強度変動へと変換されてしまい、正しい測定ができない。そこで、我々はピエゾミラーとロックインアンプを組み合わせて、PD受光面の感度マップを自動測定する装置を開発した。この装置でPD受光面中の感度ができるだけ一様な領域を選び、そこにビームを当てることで、ビームジッタの影響を最小に抑えることができる。今後はこの装置の改良、高速化を行っていく。

1.1.2 宇宙空間レーザー干渉計 DECIGO

DECIGOは基線長1000kmのファブリペロー型レーザー干渉計を宇宙空間に建設するという野心的な計画である。これは、主に10Hz以上で感度のある地上レーザー干渉計と、0.1Hz以下で感度のあるNGO(LISAの後継計画)のような大型宇宙レーザー干渉計の中間にある周波数帯をターゲットとする検出器である。DECIGOは巨大ブラックホールの合体や、初期宇宙からの重力波などの観測を目指している。DECIGOは極めて技術的要求が高い計画であるため、数段階の技術実証実験を経てその実現を目指す。本研究室ではこれまでに世界初の宇宙空間重力波検出器であるSWIM _{$\mu\nu$} を打ち上げ、現在そのデータ解析を行っている。また、DECIGO Path Finder (DPF) と呼ばれるDECIGOの技術実証衛星の開発にも参加しており、主に干渉計モジュールの構造設計を行っている。また、DPFにおいて問題になると考えられている残留ガス雑音に関する研究も行っている。[18, 32, 38, 49]

DPFの開発

DECIGO計画では、その前に2つの前哨衛星を打ち上げ、技術成熟度を段階的に向上させていくロードマップが立てられている。DECIGOパスファインダー (DPF) はその最初の前哨衛星であり、高度500kmの地球周回軌道に投入される350kg級の小型衛星とし

て設計が進められている。DPFでは、中間質量ブラックホール合体からの重力波をターゲットとしており、我々の銀河内のイベントを観測できるだけの感度を持っている。また、地球重力場観測や、宇宙空間での精密計測のための先進科学技術の実現など幅広い成果が期待できる。DPFはJAXAが進めている小型科学衛星シリーズの候補の1つになっており、現在、衛星システム検討と基本サブシステムの試作と性能評価が進められている。[19, 28, 29, 39, 49]

SWIM _{$\mu\nu$}

SWIM (SpaceWire Interface demonstration Module) は、JAXA(宇宙航空研究開発機構)が開発した小型実証衛星 (SDS-1) に搭載され、2009年1月23日に打ち上げ・軌道投入が成功裏に行われ、2010年9月に運用を終了(衛星が停波)した。

昨年度までで、観測運用を終了しデータを得ていた。しかし、そのデータには不具合が発生していたためにそのまま解析に供することはできない状態であった。そのため今年度は、まず不具合が発生していたデータの修復を行った。その後、プロジェクトの最終目的の一つである、重力波探査を実施した。

SWIM _{$\mu\nu$} は小型軽量な実証機であるため感度が良いわけではないが、この結果は円偏光モードについての背景重力波の上限値を定めた初めての例となった。このように、小型衛星上の小型検出器を用いて重力波探査という科学的成果にまで到達したことで、SWIM _{$\mu\nu$} プロジェクトの重要な目的である、将来につながる技術の軌道上実証を達成したといえる。これらの成果は、穀山が博士学位論文としてまとめている。さらに、投稿論文としても発表する準備を行っている。[20, 27, 31, 34, 53]

DPFにおける残留ガス雑音の実験

DPFでは重力を検知するための試験マスとその周りにある静電センサの極板との距離が近いために残留ガス雑音が増加するSqueeze film dampingという効果が重要となる。このSqueeze film dampingの効果を研究するためねじれ振り子を用いた実験を行った。

Squeeze film dampingの効果は壁を例えば楕円などにしてガス分子が逃げる経路を作ることにより低減することが可能である。今回、通常の場合と2mm間隔で細長い穴が空いた楕円の壁の場合と比較した。また、残留ガスの組成を知るために質量ガス分析器を用いて残留ガスの組成を調べ、おおむねH₂Oがその成分であることがわかった。ダンピング測定を行った結果、試験マスと壁との距離が1mm程度の距離で通常の場合と比べSqueeze film dampingによる残留ガス雑音が3分の1程度にまで低減していた。これはDPFにおいて静電センサを楕円にすることでSqueeze film dampingによる残留ガス雑音をこの程度低減できることを示す結果である。[21, 40]

1.1.3 ねじれ振り子型重力波検出器, TOBA

ねじれ振り子型重力波検出器 (Torsion-bar Antenna, TOBA) は地上で低周波重力波を観測するための検出器である。現在、神岡で KAGRA という 3km の腕を持つ干渉計型重力波検出器が建設されているが、こういった地上の干渉計型重力波検出器は共振周波数と地面振動の影響で 10Hz 以下に感度を持つことができない。また、干渉計を宇宙に打ち上げて低周波重力波を探索するための DECIGO 計画の提案されているが、その実現にはまだしばらく時間がかかる見込みである。そこで地上で低周波重力波探索ができる検出器として TOBA が提案された。これは棒をワイヤーや超伝導ピン止め効果によって浮上させたもので、回転の共振周波数が数 mHz となりこれ以上の重力波に対して感度を持つ。現在、坪野研究室にワイヤー懸架タイプと超伝導磁気浮上タイプのプロトタイプ検出器が開発され、いずれも 0.1Hz 付近で重力波に対する感度が $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 程度となっている。今後は雑音を低減させ、より良い感度の実現を目指す。[1]

背景重力波のデータ解析

背景重力波とは、宇宙マイクロ波背景放射と同様、天体全域からほぼ一様に放射されている重力波で、天文学的起源の重力波と宇宙論的起源の重力波の重ね合わせであると考えられている。特に宇宙論的起源のものは、誕生直後の宇宙の姿を映し出すものとして注目されている。これを効率的に検出する為、東京大学と京都大学の 2ヶ所に設置されているプロトタイプ TOBA2 台を用い、同時観測を行った。これによって、TOBA における相関解析の手法を確立し、背景重力波に対する新たな上限値を与える事に成功した。この結果は TOBA1 台での解析結果を 4 倍ほど上回る結果であり、上限値を与えた周波数帯も 0.035~0.830Hz と、大幅に拡大する事ができた。[2, 8, 10, 37]

新型 actuator の開発

今後、TOBA の更なる感度向上を目指す為には、現在低周波数帯の感度を制限している磁場雑音の問題を解決する必要がある。この磁場雑音は、従来使用されているコイル-マグネットアクチュエータによって導入されている可能性が高い事が示唆されている。そこで、コイル-コイルアクチュエータと呼ばれる、磁場雑音に強く駆動力も大きい新型のアクチュエータを開発した。このアクチュエータは向かい合う 2 つのコイルに流れる交流電流の作る磁氣的相互作用を使用している。ここで、コイルには高周波の交流電流を流す事で、磁場雑音の影響を低減させている。現在までにこのアクチュエータについて 3 種類の使用方法を考案し、それぞれについて理論構築、検証、及びプロトタイプ TOBA の制御に成功している。今

後は、ノイズの評価や、超伝導コイル使用の可能性などを検討する予定である。[24]

1.1.4 低温光共振器を用いた超高安定レーザー光源の開発

高安定なレーザー光源の開発は、光原子時計のプローブレーザーや重力波検出器、高精度分光等、広い応用が期待される。一般に高精度のレーザー周波数安定化は、長さを安定化した光共振器にレーザーをロックすることによって実現される。従来は、温度膨張率が低い ULE ガラスを用いた光共振器が広く使われてきたが、その性能は熱雑音で制限されていることが分かっている。坪野研では、この熱雑音を下げるための冷却した光共振器を用いた超高安定レーザー光源の開発を行なっている。[13, 41]

開発の現状

光共振器の形状及び支持方法は地面振動による弾性変形の影響を最小化するように最適化する必要がある。我々は有限要素解析を用いて最適な形状を決定した。現在までに単結晶シリコン製光共振器の形状加工および研磨がほぼ終了し、今後、高反射率コーティングに進む予定である。また、この光共振器を収容し、冷却するためのクライオスタットの開発を行ない、納品された。このクライオスタットでは、液体ヘリウム再凝縮型と呼ばれる新しい冷凍機を採用し、光共振器への振動伝達を抑えるように設計されている。現在はこのクライオスタットの性能試験を行っている。[52]

プレ安定化レーザー

低温光共振器の波長は、Sr 光格子時計で使用されている 698 nm の 2 倍の波長の 1396 nm で設計した。波長 1396 nm のレーザーで、波長の制御などを考慮し、外部共振器型半導体レーザー (External Cavity Diode Laser, ECDL) を設計・製作を行い、100 mW の単一周波数出力を得た。さらにモードクリーナーと呼ばれる光共振器を用いて周波数のプレ安定化システムの構築を行った。これらは、ネオアーク株式会社との共同で行った。[47, 48]

光共振器の防振

目的の周波数安定度を獲得する為には、地面振動によって共振器長が変動するのを防がなければならない。この為に必要となるのが防振台である。我々の標的とする 1Hz で防振を行う為には、能動防振装置の開発が必要となる。ここではヘキサポッドと呼ばれる 6 本脚の台を使用する。6 本の脚にはそれぞれピエゾ素子が組み込まれており、小型の seismometer

(速度計) でモニターした振動をピエゾ素子にフィードバックして脚の長さを調節する事で、全自由度の振動を抑える。この能動防振装置によって、東京の地面振動レベルを約一桁防振した支持台を構築する事を目標とし、現在までにその設計、発注が完了している。[13]

低温における接合の研究

低温光共振器では共振器のミラーの取り付けにオプティカルコンタクト (オプコン) が用いられ、光共振器の支持系にシリケート接合が用いられる。しかし、これらの接合は低温での使用実績がないので、低温での強度や熱伝導率などの測定を行う必要がある。そこで、坪野研究室では単結晶シリコンのオプコンおよびシリケート接合の研究を行っている。2011年度はシリコンのオプコンおよびシリケート接合サンプルの作製・サンプルの熱サイクル試験・サンプルの熱伝導率測定を行った。熱伝導測定はシリケート接合のサンプルにのみ行い、接合面を含む部分の熱抵抗が接合面を含まないバルク部分での熱抵抗に比べて液体窒素温度付近で10倍程度大きくなることがわかった。[16]

1.1.5 非古典光を用いたレーザー干渉計の高感度化

スクイーズド光を用いたレーザー干渉計の高感度化

スクイーズド光とは、共役な物理量のうち一方の揺らぎが量子限界よりも大きい、他方の揺らぎは量子限界よりも小さくなっている状態である。我々の実験では、直交位相振幅の揺らぎを小さくした直交位相振幅スクイーズド光を生成する。このような光を発生させるには光子間に相関をもたせる必要がある、そのために非線形光学効果を用いる。具体的には、2次の非線形光学効果である縮退パラメトリック増幅を共振器の中で行う OPO (Optical Parametric Oscillator) を作成し、スクイーズド光を生成する。また、この際必要になる第二次高調波を生成するために、SHG (Second-Harmonic Generator) も作成する。重力波検出への応用では、その検出帯域である 10 Hz ~ 10 kHz において、量子限界を基準として -10 dB 程度揺らぎを小さくしたスクイーズド光の生成を目指している。2011年度は -6 dB のスクイージングレベルを達成した。また、生成したスクイーズド真空場をプロトタイプ重力波検出器に導入する事で検出器の散乱雑音を -2 dB 低減する事に成功した。[17, 42]

1.1.6 極小距離領域における重力法則の検証

ねじれ振動子による重力実験

量子重力理論のある種のモデルでは、時空が通常の4次元座標だけではなく、複数の余剰次元で記述される。そういったモデルが正しいとすれば、余剰次元の存在のためにサブミリメートル領域で重力の逆二乗則が成り立たないことになる。坪野研究室ではかつて重力波検出器として用いられていたねじれ振動子でその検証実験を試みている。この検出器は高いQ値と低い共振周波数をもつため、高いS/N比で重力信号を検出することができる。

2011年度はアンテナに加える変調重力場の周波数安定化、および防振装置の改良に取り組み、その上で予備実験としてキャリブレーション用のデータの取得、雑音信号の評価を行った。

以上の成果を踏まえ、今後は本測定および解析を行い、重力の逆二乗則を先行研究よりも高い精度で検証する予定である。[22, 35, 36]

1.1.7 空間等方性の研究

三角光共振器を用いた異方性検出実験

量子重力理論の研究や宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の観測から、わずかに Lorentz 不変性が破れている可能性が示唆されている。しかし、これまでの多くの実験は Michelson-Morley の実験と同じように往復光速の異方性探索となっており、片道光速の異方性への上限値は往復光速に比べて4桁大きいものとなっていた。そこで、我々は片道光速の異方性に着目し、研究を行なっている。片道光速の異方性とは、一方向に進む光の速さの、行き帰りの差である。

これまで異方性探索実験では、光共振器の鏡像反転対称性のため、往復光速の異方性しか測定することはできなかった。そこで、光リング共振器の光路の一部に媒質を入れて屈折率を変え、非対称性を持たせることで片道光速の異方性を測定可能にした。片道光速の異方性が存在すると、この光リング共振器の時計回りの共振周波数と反時計回りの共振周波数に差が生じる。この差をダブルパスという光学系構成により測定することを考案した。ダブルパス構成では一度光共振器に共振した光を逆回りに再入射する。これにより測定が高精度な null 測定となる。現在までに片道光速の異方性に対し、これまでの世界最高精度での測定に比べて2倍以上厳しい上限値を与えた。これは本手法の特長があったためであり、論文投稿準備中である。[9, 23]

<受賞>

[1] 石徹白晃治：第6回（2012年）日本物理学会若手奨励賞。

<報文>

(原著論文)

- [2] Koji Ishidoshiro, Masaki Ando, Akiteru Takamori, Hiroataka Takahashi, Kenshi Okada, Nobuyuki Matsumoto, Wataru Kokuyama, Nobuyuki Kanda, Yoichi Aso, and Kimio Tsubono: First Observational Upper Limit on Gravitational Wave Backgrounds at 0.2 Hz with a Torsion-Bar Antenna, *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 161101.
- [3] Y. Aso, K. Somiya and O. Miyakawa, Length sensing and control strategies for the LCGT interferometer, *Classical and Quantum Gravity*, accepted for publication.
- [4] Y. Aso and the LCGT Collaboration, Optical Configuration and Control of Ultra-sensitive Gravitational Wave Detectors, *Journal of the Vacuum Society of Japan*, **54** (2011) 597.
- [5] J. Abadie, et al., Search for gravitational waves from binary black hole inspiral, merger, and ring-down, *Physical Review D*, **83** (2011) 122005.
- [6] J. Abadie, et al., Search for gravitational waves associated with the August 2006 timing glitch of the Vela pulsar, *Physical Review D*, **83** (2011) 042001.

(国内雑誌)

- [7] 坪野公夫:重力探査衛星 B 実験の 50 年 (翻訳)、*パリティ* **27-4** (2012) 38-41.

(学位論文)

- [8] 正田亜八香: ねじれ型重力波検出器 TOBA の開発及び背景重力波探査, 修士論文, 2012 年.
- [9] 道村唯太: 光リング共振器を用いた片道光速の異方性探査, 修士論文, 2012 年.

<学術講演>

(国際会議)

一般講演

- [10] A. Shoda, M. Ando, K. Okada, K. Ishidoshiro, W. Kokuyama, Y. Aso and K. Tsubono : Search for a stochastic gravitational-wave background with Torsion-bar Antennas, (July 2011, Amaldi9/NRDA meeting, Cardiff University).
- [11] Y. Michimura, Y. Aso, K. Agatsuma, T. Sekiguchi, M. Evans, L. Barsotti, LCGT Collaboration: Alignment Sensing and Control for LCGT, 9th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves (July 2011, Cardiff).

招待講演

- [12] Y. Aso, Interferometer Control of Advanced Detectors, 9th Amaldi Meeting on Gravitational Waves, Cardiff University, UK, July 2011.

(国内会議)

一般講演

- [13] 坪野公夫, 波多野智, 池上健, 鈴木敏一, 麻生洋一, 大前宣昭, 平松成範, 牛場崇文, 柴田和憲, 正田亜八香, 三橋秀人, 稲場肇, 渡部謙一, 洪鋒雷, 低温光共振器を用いた超高安定光源の開発 III, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [14] 黒田和明, 梶田隆章, 中谷一郎, 大橋正健, 川村静児, 三代木伸二, 内山隆, 宮川治, 高橋竜太郎, 山元一広, 石塚秀喜, 東谷千比呂, 廣瀬榮一, 上泉眞裕, 岩崎詩子, 斎藤陽紀, 榊原裕介, 関口貴令, 藤本眞克, 上田暁俊, 大石奈緒子, 阿久津智忠, 辰巳大輔, 固武慶, 端山和大, 我妻一博, 中村康二, 江口智士, 石崎秀晴, 鳥居泰男, 福嶋美津広, 田中伸幸, 山本明, 鈴木敏一, 木村誠宏, 春山富義, 井岡邦仁, 齊藤芳男, 小池重明, 横山順一, 樽家篤史, 坪野公夫, 麻生洋一, 平松成範, 穀山涉, 岡田健志, 瓦尊慶, 松本伸之, 道村唯太, 正田亜八香, 柴田和憲, 牛場崇文, 森脇成典, 森匠, 高山圭吾, 渡部恭平, 及川溪, 平谷真也, 三尾典克, 大前宣昭, 細谷暁夫, 河合誠之, 宗宮健太郎, 鹿野豊, 須佐友紀, 神田展行, 岡田雄太, 山本尚弘, 讓原浩貴, 中尾憲一, 中村卓史, 安東正樹, 瀬戸直樹, 檜山和己, 八木絢外, 植田憲一, 米田仁紀, 中川賢一, 武者満, 阪田紫帆里, 新谷昌人, 高森昭光, 和泉究, 陳タン, 佐藤修一, 田嶋茂樹, 本間彰, 樋口亜希子, 林翔平, 東浦孝典, 角谷昌憲, 高辻利之, 尾藤洋一, 寺田総一, 長野重夫, 田越秀行, 佐々木節, 柴田大, 田中貴浩, 佐合紀親, 関口雄一郎, 西澤篤志, 西田恵里奈, 権藤里奈, 新富孝和, 大原謙一, 高橋弘毅, 姫本宣朗, 浅田秀樹, 二間瀬敏史, 伊藤洋介, 高橋史宜, 原田知広, 西條統之, 小島康史, 瓜生康史, 山田章一, 古在由秀, 橋詰克也, 大森隆夫, 川添史子, Yanbei Chenf, 河邊径太, 新井宏二, Haixing Miaof, M.E.Tobarg, D. Blairg, Ju Lig, Chunnong Zhaog, Linqing Weng, Warren Johnsonh, 苔山圭以子, 中野寛之, Zong-Hong Zhuj, S. Dhurandhark, S. Mitrak, V. Milyukovl, Lucio Baggiom, Yang Zhangn, Chao-Guang Huang, Junwei Caop, Sheau-Shi Panq, Sheng-Jui Chenq, 沼田健司, Szabolcs Marks, Stuart Reidt, Riccardo DeSalvou, Wei-Tou Niv, Xiang-hua Zhaiv, Ping Xiv, Hsien-Hao Meiw, Tai Hyun Yoonx, Hyung Won Leey, Hyung Mok Leez, Jae Wan Kim, Yong-Ho Cha, Hyun kyu Kim, Chang-Hwan Lee, Gungwon Kang, John J. Oh, Sang Hoon Oh, Myeong-Gu Park, Sang Pyo Kim, Maurice H.P.M. van Putten, Archana Pai, 大型低温重力波望遠鏡 (LCGT) プロジェクトの現状, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [15] 山元一広, 高橋竜太郎, 関口貴令, 榊原裕介, 東谷千比呂, 上泉眞裕, 岩崎詩子, 内山隆, 三代木伸二, 大橋正健, 阿久津智忠, 石崎秀晴, 高森昭光, 鈴木敏一, 木村誠宏, 小池重明, 坪野公夫, 麻生洋一, 牛場崇文, 柴田和憲, 大前宣昭, 宗宮健太郎, Riccardo DeSalvo, Ettore Majorana, Eric Hennes, Jo van den Brand, Alessandro Bertolini, J, Nick A. Lockerbie, LCGT collaboration, LCGT 用防振装置の開発 VII, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [16] 牛場崇文, 柴田和憲, 大塚茂巳, 坪野公夫, 鈴木敏一, 低温光共振器のための接合物の物性測定, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).

- 庫).
- [17] 松本伸之, 道村唯太, 岡田健志, 麻生洋一, 坪野公夫, 干涉計のオートアライメント制御, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [18] 安東正樹, 川村静児, 瀬戸直樹, 中村卓史, 坪野公夫, 佐藤修一, 田中貴浩, 船木一幸, 沼田健司, 神田展行, 井岡邦仁, 高島健, 横山順一, 青柳巧介, 我妻一博, 阿久津智忠, 浅田秀樹, 麻生洋一, 新井宏二, 新谷昌人, 池上健, 石川毅彦, 石崎秀晴, 石徹白晃治, 石原秀樹, 和泉究, 市來淨與, 伊東宏之, 伊藤洋介, 井上開輝, 上田暁俊, 植田憲一, 歌島昌由, 江口寛士, 江尻悠美子, 榎基宏, 戎崎俊一, 江里口良治, 大石奈緒子, 大河正志, 大橋正健, 大原謙一, 大淵喜之, 岡田健志, 岡田則夫, 河島信樹, 川添史子, 河野功, 木内建太, 岸本直子, 國中均, 國森裕生, 黒田和明, 黒柳幸子, 小泉宏之, 洪鋒雷, 郡和範, 穀山渉, 苔山圭以子, 古在由秀, 小鳥康史, 固武慶, 小林史歩, 西條統之, 齊藤遼, 坂井真一郎, 阪上雅昭, 阪田紫帆里, 佐合紀親, 佐々木節, 佐藤孝, 柴田大, 正田亜八香, 真貝寿明, 杉山直, 鈴木理恵子, 諏訪雄大, 宗宮健太郎, 祖谷元, 高野忠, 高橋走, 高橋慶太郎, 高橋忠幸, 高橋弘毅, 高橋史宜, 高橋龍一, 高橋竜太郎, 高森昭光, 田越秀行, 田代寛之, 田中伸幸, 谷口敬介, 樽家篤史, 千葉剛, 陳たん, 辻川信二, 常定芳基, 豊嶋守生, 鳥居泰男, 中尾憲一, 中澤知洋, 中須賀真一, 中野寛之, 長野重夫, 中村康二, 中山宜典, 西澤篤志, 西田恵里奈, 西山和孝, 丹羽佳人, 能見大河, 橋本樹明, 端山和大, 原田知広, 疋田渉, 姫本宣朗, 平林久, 平松尚志, 福嶋美津広, 藤田龍一, 藤本眞克, 二間瀬敏史, 細川端彦, 堀澤秀之, 前田恵一, 松原英雄, 松本伸之, 道村唯太, 宮川治, 宮本雲平, 三代木伸二, 向山信治, 武者満, 森澤理之, 森本睦子, 森脇成典, 八木絢外, 山川宏, 山崎利孝, 山元一広, 吉田至順, 吉野泰造, 柳哲文, 若林野花, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 (36): DECIGO/DPF, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [19] 佐藤修一, 阿久津智忠, 上田暁俊, 新谷昌人, 麻生洋一, 鳥居泰男, 田中伸幸, 陳たん, 榎藤里奈, 大淵喜之, 岡田則夫, 正田亜八香, 道村唯太, 坪野公夫, 穀山渉, 安東正樹, 川村静児, DECIGO pathfinder のための干涉計モジュールの開発 (4), 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [20] 穀山渉, 安東正樹, 森脇成典, 石徹白晃治, 高橋走, 新谷昌人, 麻生洋一, 高島健, 中澤知洋, 高橋忠幸, 国分紀秀, 吉光徹雄, 小高裕和, 湯浅孝行, 石川毅彦, 榎戸輝揚, 苔山圭以子, 坂井真一郎, 佐藤修一, 高森昭光, 坪野公夫, 戸田知朗, 橋本樹明, 宇宙実験実証プラットフォーム (SWIM) を用いた超小型重力波検出器の開発 X (観測成果), 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [21] 岡田健志, 麻生洋一, 坪野公夫, 石徹白晃治, 安東正樹, DPF のマスモジュールにおける残留ガス雑音の研究 IV, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [22] 柴田和憲, 牛場崇文, 大塚茂巳, 平松成範, 麻生洋一, 坪野公夫, 共振型振動子を用いたサブミリメートル領域における重力法則の検証 (5), 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [23] 道村唯太, 大前宣昭, 穀山渉, 麻生洋一, 安東正樹, 坪野公夫, 光リング共振器を用いた片道光速の異方性探査, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [24] 正田亜八香, 安東正樹, 岡田健志, 石徹白晃治, 穀山渉, 麻生洋一, 坪野公夫, 超伝導磁気浮上型ねじれアンテナのための新型アクチュエータの開発, 及び背景重力波探査, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [25] 麻生洋一, 宗宮健太郎, 宮川治, 道村唯太, 柴田和憲, 辰巳大輔, 阿久津智忠, 山元一広, 我妻一博, 西田恵里奈, 陳タン, 安東正樹, 新井宏二, 和泉究, 山本博章, LCGT Collaboration, LCGT の主干涉計設計 II, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [26] 宮川治, 大石奈緒子, 上泉眞裕, 斎藤陽紀, 三代木伸二, 和泉究, 麻生洋一, 道村唯太, 端山和大, LCGT Collaboration, 計算機を利用した LCGT の制御 (II), 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [27] 穀山渉, 安東正樹, 森脇成典, 石徹白晃治, 高橋走, 新谷昌人, 麻生洋一, 高島健, 中澤知洋, 高橋忠幸, 国分紀秀, 吉光徹雄, 小高裕和, 湯浅孝行, 石川毅彦, 榎戸輝揚, 苔山圭以子, 坂井真一郎, 佐藤修一, 高森昭光, 坪野公夫, 戸田知朗, 橋本樹明: SDS-1/SWIM による重力波観測成果と DPF 技術の宇宙実証, 第 2 回小型科学衛星シンポジウム (2012 年 3 月 6 日, JAXA/ISAS).
- [28] 正田亜八香, 新谷昌人, 道村唯太, 麻生洋一, 安東正樹, 穀山渉, 坪野公夫: DECIGO pathfinder における重力場観測の感度評価, 第 2 回小型科学衛星シンポジウム (2012 年 3 月, JAXA/ISAS).
- [29] 道村唯太, 麻生洋一, 石徹白晃治, 佐藤修一, 安東正樹, 阿久津智忠, 上田暁俊, 川村静児, 坪野公夫: DECIGO Pathfinder 向けプロトタイプ干涉計実験, 第 2 回小型科学衛星シンポジウム (2012 年 3 月, JAXA/ISAS).
- [30] 宗宮健太郎, 寺田聡一, 宮川治, 麻生洋一, 川添史子, Andreas Freise, LCGT 用 DC readout system の開発, 日本物理学会 2012 年年次大会 (2012 年 3 月、関西学院大学、兵庫).
- [31] 穀山渉, 安東正樹, 森脇成典, 石徹白晃治, 高橋走, 新谷昌人, 麻生洋一, 高島健, 中澤知洋, 高橋忠幸, 国分紀秀, 吉光徹雄, 小高裕和, 湯浅孝行, 石川毅彦, 榎戸輝揚, 苔山圭以子, 坂井真一郎, 佐藤修一, 高森昭光, 坪野公夫, 戸田知朗, 橋本樹明: SDS-1/SWIM 搭載超小型重力波検出器による観測成果, 第 12 回宇宙科学シンポジウム (2012 年 1 月, JAXA/ISAS)
- [32] 正田亜八香, 新谷昌人, 道村唯太, 麻生洋一, 安東正樹, 穀山渉, 坪野公夫: DECIGO pathfinder における重力場観測の感度評価, 第 12 回宇宙科学シンポジウム (2012 年 1 月, JAXA/ISAS).
- [33] 坪野公夫, スタートした LCGT 計画, ビッグバンセンサー研究交流会 (2011 年 11 月、東京大学、本郷).
- [34] 穀山渉, 安東正樹, 森脇成典, 石徹白晃治, 高橋走, 新谷昌人, 麻生洋一, 高島健, 中澤知洋, 高橋忠幸, 国分紀秀, 吉光徹雄, 小高裕和, 湯浅孝行, 石川毅彦, 榎戸輝揚, 苔山圭以子, 坂井真一郎, 佐藤修一, 高森昭光,

- 坪野公夫, 戸田知朗, 橋本樹明: SWIM による重力波観測成果と DPF 技術の宇宙実証, 第 10 回 DECIGO ワークショップ (2011 年 11 月 19 日, 京都大学).
- [35] 牛場崇文, 柴田和憲, 大塚茂巳, 平松成範, 麻生洋一, 坪野公夫, 共振型振動子を用いたサブミリメートル領域における重力法則の検証 III, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [36] 柴田和憲, 牛場崇文, 大塚茂巳, 平松成範, 麻生洋一, 坪野公夫, 共振型振動子を用いたサブミリメートル領域における重力法則の検証 (4), 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [37] 正田亜八香, 岡田健志, 石徹白晃治, 安東正樹, 麻生洋一, 坪野公夫, 超伝導磁気浮上型ねじれアンテナによる東京・京都での重力波同時観測 III, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [38] 安東正樹, 川村静児, 瀬戸直樹, 中村卓史, 坪野公夫, 佐藤修一, 田中貴, 船木一幸, 沼田健司, 神田展行, 井岡邦仁, 高島健, 横山順一, 青柳巧介, 我妻一博, 阿久津智忠, 浅田秀樹, 麻生洋一, 新井宏二, 新谷昌人, 池上健, 石川毅彦, 石崎秀晴, 石徹白晃治, 石原秀樹, 和泉究, 市来浄典, 伊東宏之, 伊藤洋介, 井上開輝, 上田暁俊, 植田憲一, 歌島昌由, 江口智士, 江尻悠美子, 榎基宏, 戎崎俊一, 江里口良治, 大石奈緒子, 大河正志, 大橋正健, 大原謙一, 大淵喜之, 岡田健志, 岡田則夫, 河島信樹, 川添子子, 河野功, 木内建太, 岸本直子, 國中均, 國森裕生, 黒田和明, 黒柳幸子, 小泉宏之, 洪鋒雷, 郡和範, 穀山涉, 苔山圭以子, 古在由秀, 小嶋康史, 固武慶, 小林史歩, 西條統之, 齊藤遼, 坂井真一郎, 阪上雅昭, 阪田紫帆里, 佐合紀親, 佐々木節, 佐藤孝, 柴田大, 正田亜八香, 真貝寿明, 杉山直, 鈴木理恵子, 諏訪雄大, 宗宮健太郎, 祖谷元, 高野忠, 高橋走, 高橋慶太郎, 高橋忠幸, 高橋弘毅, 高橋史宜, 高橋龍一, 高橋竜太郎, 高森昭光, 田越秀行, 田代寛之, 田中伸幸, 谷口敬介, 樽家篤史, 千葉剛, 陳たん, 辻川信二, 常定芳基, 豊嶋守生, 鳥居泰男, 中尾憲一, 中澤知洋, 中須賀真一, 中野寛之, 長野重夫, 中村康二, 中山宜典, 西澤篤志, 西山恵里奈, 西山和孝, 丹羽佳人, 能見大河, 橋本樹明, 端山和大, 原田知広, 疋田涉, 姫本宣朗, 平林久, 平松尚志, 福嶋美津広, 藤田龍一, 藤本眞克, 二間瀬敏史, 細川瑞彦, 堀澤秀之, 前田恵一, 松原英雄, 松本伸之, 道村唯太, 宮川治, 宮本雲平, 三代木伸二, 向山信治, 武者満, 森澤理之, 森本睦子, 森脇成典, 八木絢外, 山川宏, 山崎利孝, 山元一広, 吉田至順, 吉野泰造, 柳哲文, 若林野花, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 (33):DECIGO/DPF, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [39] 佐藤修一, 阿久津智忠, 上田暁俊, 新谷昌人, 麻生洋一, 鳥居泰男, 田中伸幸, 陳たん, 権藤里奈, 大淵喜之, 岡田則夫, 正田亜八香, 道村唯太, 坪野公夫, 穀山涉, 安東正樹, 川村静児, DECIGO pathfinder のための干渉計モジュールの開発 (3), 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [40] 岡田健志, 麻生洋一, 坪野公夫, 石徹白晃治, 安東正樹, DPF のマスモジュールにおける残留ガス雑音の研究 III, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [41] 坪野公夫, 波多野智, 三橋秀人, 池上健, 稲場肇, 渡部謙一, 洪鋒雷, 鈴木敏一, 麻生洋一, 平松成範, 低温光共振器を用いた超高安定光源の開発 II, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [42] 松本伸之, 高橋走, 麻生洋一, 坪野公夫, 政田元太, 古澤明, 重力波検出器の感度向上に向けたスクイーズド光の生成実験 V, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [43] 大前宣昭, 麻生洋一, 坪野公夫, 平松成範, 正田亜八香, 波多野智, 三橋秀人, 香取秀俊, 低温光共振器を用いた時計用周波数安定化レーザーの開発, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [44] 麻生洋一, 宗宮健太郎, 宮川治, 山元一広, 道村唯太, 辰巳大輔, 阿久津智忠, 我妻一博, 西山恵里奈, 陳タン, 安東正樹, 新井宏二, 山本博章, LCGT Collaboration, LCGT の主干渉計設計, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [45] 道村唯太, 麻生洋一, 我妻一博, 関口貴令, Matt Evans, Lisa Barsotti, The LCGT Collaboration, LCGT のアライメント制御, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [46] 我妻一博, 辰巳大輔, Chen Dan, 山本博章, 麻生洋一, LCGT Collaboration, LCGT 用 Power Recycling Cavity の設計に関する考察, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [47] 宮川治, 大石奈緒子, 三代木伸二, 和泉究, 麻生洋一, 斎藤陽紀, 道村唯太, 端山和大, LCGT Collaboration, 計算機を利用した LCGT の制御, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 弘前大学, 青森).
- [48] 大前 宣昭, 麻生 洋一, 坪野 公夫, 平松 成範, 正田 亜八香, 波多野 智, 三橋 秀人, 香取 秀俊: 低温光共振器を用いた時計用周波数安定化レーザーの開発, 日本物理学会 2011 年年次大会 (2011 年 9 月, 富山大学, 富山).
- [49] 坪野 公夫, 重力波プロジェクト報告 LCGT, DECIGO, DPF, RESCUE 夏の学校 (2011 年 7 月, 熊本、三愛高原ホテル).
- [50] 坪野公夫, ついにスタート! LCGT, 物理教室ランチトーク (2011 年 5 月, 東京大学, 本郷).
- 招待講演
- [51] 麻生洋一, 超高感度重力波検出器へ向けた光学設計技術, 2012 年春季 第 59 回 応用物理学関係連合講演会 シンポジウム 「重力波観測用巨大干渉計の設計と建設」 (早稲田大学), 2012 年 3 月.
- [52] 坪野公夫, 低温光共振器を用いた超高安定光源の開発, 「最も正確なものさし 光コム」のためのレーザー開発ワークショップ (台場, 日本科学未来館), 2011 年 12 月.
- (セミナー)
- [53] 穀山涉: ねじれ型重力波アンテナ (TOBA) と宇宙空間回転 TOBA による重力波観測, 京都大学天体核研究室 重力波・重力実験セミナー (2011 年 10 月 21 日, 京都大学).