

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目： 若手研究(A)

研究期間： 2006～2008

課題番号： 18684005

研究課題名（和文） 超伝導を用いた低周波重力波検出器の開発

研究課題名（英文） Development of low-frequency gravitational wave detector
using superconductor

研究代表者

安東 正樹 (ANDO MASAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号 90313197

研究成果の概要：

本研究では、超電導磁気浮上を利用した高感度ねじれ振子を開発し、それを用いて、0.1Hz 付近の低周波数の重力波探査観測を行った。このような方式での重力波観測は他に例がない独自の研究である。また、本研究により、超電導磁気浮上によるねじれ振子が、従来のワイヤーによるものと同等の性能を持つことが示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2007 年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2008 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
年度			
年度			
総計	20,700,000	6,210,000	26,910,000

研究分野： 重力波物理学

科研費の分科・細目： 数物系科学 ・ 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： 重力波, 超電導, 微小計測, ねじれ振子

1. 研究開始当初の背景

重力波は、光速で伝播する時空の歪みであり、超新星爆発や連星合体などのコンパクトな天体の激しい運動で生成される。重力波は強い透過力を持つため、このような天文現象の内部を直接観測する新しい手段となり得る。また、重力波は、電磁波では観測する事の出来ない、ビッグバンから 38 万年以内の初期宇宙を直接観測する手段としても期待がもたれている。このような背景のもと、世界各国で重力波検出器の開発が進められている。現在までに、主に数 10Hz 以上の周波数帯をターゲットとした、地上での重力波検出器が開発されてきており、観測運転が開始されている。しかし、そのような重力波イベントは稀にしか発生しないため、本格的な天文学として成立させるためには、より感度を向上して遠くの現象まで検出できるようにしたり、観測周波数帯を広げるなど、ターゲットとなる現象を増やすための改良が必要となる。

そこで、2010 年台中頃に観測開始予定のアメリカの Advanced LIGO や日本の LCGT では、観測周波数帯の下限を 10Hz にまで下げ、かつ、感度を現在より 2 桁程度上げる計画を立てている。また、地面振動の影響で地上での観測が困難な低周波数帯の重力波に関しては、宇宙空間で観測する計画が立てられている。NASA と ESA が共同で進めている宇宙干渉計型重力波検出器(LISA 計画)では、0.1mHz から 0.1Hz の周波数帯をターゲットとしており、2018 年頃の打ち上げを目指して開発が進められている。この周波数帯では、巨大ブラックホールの合体など、地上の干渉計では検出できない現象を捉えることができると考えられている。一方、日本で検討されている宇宙空間重力波検出器(DECIGO 計画)では、0.1Hz 付近をターゲットの観測周波数帯としている。この周波数帯では、銀河系内の連星によるバックグラウンド重力波がないため、宇宙論的な起源を持つ重力波や、地上検出器の帯域に入る前の連星からの重力波を捕らえることが期待でき、新たな天文学的な情報をもたらすと考えられている。ただ、LISA 計画や DECIGO 計画のような本格的な宇宙ミッションを実現するためには地上での入念な基礎研究が不可欠となっている。

2. 研究の目的

本研究では、上記の検出器では観測が難しい 0.1Hz 程度の低周波数帯に感度を持つ重力波検出器を地球上で建設し、観測を行なうこ

とを目標としている。低周波検出器を地上に建設する場合には、現在稼働中の検出器に用いられている技術の多くを応用することができ、また、宇宙干渉計と比較して建設までの時間やコストを大幅に抑えることができる。さらに、レーザー光源などの寿命(数年程度)や、トラブル時の対処や改良を考慮すると、地上で観測できる利点は多い。この検出器の歪み感度は、レーザー干渉計の量子雑音(散射雑音・輻射圧雑音)と地面振動からのカップリングで制限され、感度は 1Hz 付近の周波数帯で $10^{-14}/\text{Hz}^{1/2}$ 程度となる見込みである。この値は、10kpc (我々の銀河中心付近までの距離に相当)遠方のブラックホールの準固有振動からの重力波イベントがあれば捕らえる事ができる感度に相当する。もし重力波を検出できなかった場合には、このような重力波イベントの頻度に上限値を与える事になる。本検出器の歪み感度の値は、現在実現されている大型地上検出器の感度 $10^{-22}/\text{Hz}^{1/2}$ (100Hz 付近)や、将来の宇宙干渉計の感度 $10^{-21}/\text{Hz}^{1/2}$ (1mHz 付近)と比較すると 7 桁程度悪い感度である。しかし、周波数 0.1Hz 付近での重力波観測は、これまで行なわれた事が無いため、本検出器は、この周波数帯での最高感度を持つことになり、そのデータは貴重な観測結果となるはずである。

本研究で開発される検出器は、低周波数帯の重力波を地上で観測するために、重力波による変動を受ける試験質量を超伝導体のピンニング効果(ピン止め効果)によって浮上させ、その回転変動を精密計測する、という特徴を持っている。これまで開発されてきたレーザー干渉計型重力波検出器では、試験質量をワイヤーによって懸架し、その変位を計測するものであった。このため、その振り子の共振周波数(1Hz 程度)より十分高い周波数帯(数 10Hz 程度以上)でしか重力波を観測する

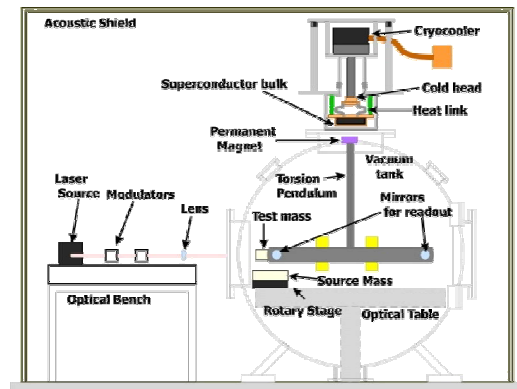


図 1. 実験装置の概略図

事ができなかった。それに対し、本装置では、マスの回転方向には復元力や摩擦力がほとんどないため、低周波数帯の微小変動まで検出することが可能なのである。また、ピンニング効果を用いているため、マスを安定に浮上させるための制御が不要になり、より安定な観測が可能になっている。超伝導体を用いた観測装置としては、超伝導重力計がこれまでに実用化されている。これは、超伝導磁石を用いてマスを浮上させ、その変位を観測する事によって、地球重力場を精密計測するものであり、実用化されているものとしては世界最高感度を誇っている。このことから、本研究で開発される重力波検出器でも、長期観測に耐え得る安定度と、レーザー干渉計の性能から見積もられる感度は十分実現できると期待できる。

3. 研究の方法

本研究では、超伝導体を用いたねじれ振子による重力波アンテナ（下図）の開発を行なう。アンテナ本体は、長さ 50cm 程度の棒状のアルミニウム製試験質量（マス）とそれを浮上支持するための超伝導体、マスの回転変動を検出し、制御するためのレーザー干渉計とアクチュエータ、及び、それらを収める真空槽から構成される。

試験マスの中心部には円柱状のネオジウム磁石が取り付けられており、マスの上部に配置された超伝導体のピンニング効果によって非接触浮上支持される。ここで、磁石と超伝導体は、それぞれ同一鉛直軸上にあるように配置されている。そのため、マスはこの軸まわりに水平面内を自由に回転できる一方で、マスの並進方向や傾きの自由度の変動は、ピンニング効果による復元力によって安定化される。本研究ではこの装置を 2 組開発する。2 つの試験マスは互いに直交する向きに配置される。重力波が到来すると、その潮汐力の効果で 2 つのマスが逆相で回転することになる。この差動回転をレーザー干渉計によって精密計測することによって重力波を検出する、というのがこのアンテナの動作原理である。実際のアンテナ運転時には、外乱等によってマスが大きく回転してしまうと干渉計が動作しなくなるため、マスの回転は干渉計の信号を用いて制御によって抑圧される。従って、この制御のフィードバック信号から重力波信号を読み取る事になる。マスの回転自由度には、制御による力以外の復元力が働かないため、原理的には、このアンテナは DC 付近の低周波数帯の重力波にまで感度を持つことになる。

試験マスを支持するための超伝導体としては、第二種の超伝導体バルク (YBaCuO, 超伝導転移温度 92K) を用いる。この材質を、40K にまで冷却することで安定なピンニン

グ効果を得る。超伝導体の冷却には、低振動型のパルス管冷凍機を用いる。超伝導体と冷凍器の間は、高い熱伝導率を持つ純アルミニウム線で構成されたヒートリンクで結ばれ、冷凍機の振動が超伝導体に伝わりにくいように防振される。アンテナ本体は常温で動作するため、外部からの熱流入を防ぐため、超伝導体バルクはそれぞれ小型の真空槽に収められる。

マスの回転を読み取るためのセンサーとしては、マイケルソン干渉計を用いる。これは、プラットホームに取り付けられたビームスプリッターと、マスの両端に取り付けられた鏡で構成される。ビームスプリッターで入射レーザー光を 2 方向に分け、鏡から反射してきた光をビームスプリッター上で干渉させることによって、その干渉縞からマスの回転変動を検出することができる。2 つのマスの回転変動は、それぞれ別の干渉計で検出し、それらの出力の差を取る事で、2 つのマスの差動回転を検出する。レーザー光源としては、出力 500mW で、強度・周波数安定化が施された Nd:YAG レーザーを用いる。検出された変動は、マス周辺に取り付けられた静電型アクチュエータによってフィードバックされる。

4. 研究成果

本研究では、超電導を用いた磁気浮上装置の基本特性評価、ねじれ振子の微小変動計測、長時間観測運転による重力波信号の探査、の 3 つの段階で開発が進められた。

超電導磁気浮上装置の基本特性としては、支持可能な重量、ねじれ振子の基本特性（回転方向における復元力や散逸の評価）、また、超電導体を転移温度以下に冷却し、その温度を維持するための冷凍機の振動の影響、などの評価を行った。支持可能な重量としては、直径 1cm から 7cm、厚さ 1cm から 2cm 程度の円柱形、もしくはリング形状、といったさまざまな形状の永久磁石（主に強力なネオジウム磁石）を使用し、超電導磁気浮上による支持力の測定を行った。その結果、最大で 1kg 程度の重量が支持できること、測定された支持力が計算による見積もりとほぼ一致することが確認できた。

ねじれ振子の特性としては、回転方向の復元力と散逸（摩擦力）の評価を行った。重力波検出器として用いるためには、これらの復元力や散逸ができる限り小さいことが望ましく、その量がこの重力波検出器の感度を最終的に制限することが予想されている。ただ、それらが精密に計測された実験例は乏しく、本研究において実測する必要があった。本研究では、円柱形、棒状、逆 T 字型などの形状を持った試験マスを支持し、ねじれ振子の特性の評価を行った。その結果、超電導支持さ

れたねじれ振子は、復元力・散逸の双方において、1本のワイヤーで懸架された従来のねじれ振子と同等程度まで抑えられることが示された。本研究においては、磁石や試験マスの形状にはまだ改善・最適化の余地が残されており、超電導支持されたねじれ振子の可能性を示した結果と言える。

ねじれ振子を非接触浮上保持に用いる超電導体は、その転移温度(92K)以下の温度に保たれている必要がある。本研究では、この冷却のために、比較的大きな設備を必要とし、取扱いに手間がかかる液体寒剤ではなく、小型のパルスチューブ型冷凍機を用いている。これは、長期間に渡る重力波観測を行う上で、重要な要素となる。ただ、この方式では、冷凍機の振動が超電導体を揺らし、ねじれ振子の微小振動を励起してしまうことが懸念される。そこで、本研究では、冷凍機振動がねじれ振子に伝わらないような防振機構を組み込んだ設計と改良を行なった。その結果、冷凍機動作状態での振動レベルが、冷凍機停止時の振動レベルとほぼ一致する、という結果を得た。これにより、冷凍機を動作させたままの長期間観測運転への見通しが立った。

超電導を用いた磁気浮上装置についての以上のような結果を受けて、真空槽内で重力波観測のためのねじれ振子を支持し、その変動をレーザー干渉計で精密計測する研究を進めた。その結果、安定な浮上保持と、制御による動作点保持、マイケルソン干渉計を用いた回転変動の精密計測などの成果を得ることができた。得られた回転変動の測定精度は、 10^{-10} rad/Hz^{1/2} 程度であった。これは、国内外で行われている他のねじれ振り子実験に匹敵する感度が達成されたと言える。図2は、計測された回転変動を、微小な外力変動のスペクトルに換算したものである。本研究では、レーザー干渉計を用いた高感度計測を行うという長所があり、センサーの感度で制限されやすい、0.1Hzより高い周波数帯で、他のねじれ振り子実験よりも高い感度を持っていることが示されている。本研究では、重力波観測が目標であるために、比較的外乱の影響を受けやすい試験マス形状のなっているにも関わらず、他の微小力測定研究に匹敵する微小力に対する感度が実現されたことは特筆に値する。

重力波の観測としては、数時間から半日程度の連続動作を繰り返し、装置の改良・特性評価とデータの収集を進めた。重力波観測の結果は、信号に対する精密なデータ解析と、装置の特性評価も含めて入念に評価する必要がある。現在までに重力波信号といえるものは見つかっていないが、詳細な解析は今後も進めていく予定である。また、本研究では、磁気浮上による低周波数重力波検出器を2台製作する、という計画になっていた。予定よ

りはやや遅れたが、現在までに2台目の装置も完成しつつある。今後は、離れた2台での同時観測を行い、その相関解析から局所的な外乱に起因する偽イベントを除去する、という観測運転を行う予定である。

本研究の目標は重力波の観測であったが、開発された超電導支持によるねじれ振り子は、微小力に対して高い感度を持っていることから、別の研究への応用の可能性も示されている。具体的には、数mm程度の近距離における微小重力を計測することで、余剰次元理論の検証を行う、という研究も進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 23 件)

- [1] DECIGO pathfinder, M.Ando, S. Kawamura, S.Sato, 他 133 名(1 番目), Class. Quantum Grav. 26 (2009) 094019 (査読あり).
- [2] レーザー干渉計重力波検出器による精密計測技術, 安東 正樹, レーザー研究 37 (2009) 79-84 (査読あり).
- [3] Research and Development Status of a New Rotational Seismometer Based on the Flux Pinning Effect of a Superconductor, A.Takamori, A.Araya, Y.Otake, K. Ishidoshiro, and M.Ando, Bulletin of the Seismological Society of America 99 (2009) 1174-1180 (査読あり).
- [4] 衛星搭載用超小型重力波検出器とその微小重力環境による動作実証試験, 穀山涉, 安東 正樹, 日本マイクロ重力応用学会誌 26 (2008) 36-42 (査読あり).
- [5] Search for continuous gravitational waves from PSR J0835-4510 using CLIO data, T.Akutsu, M.Ando, T.Haruyama, N.Kanda, K.Kuroda, S. Miyoki, M.Ohashi, Y. Saito, N. Sato, T. Shintomi, 他 9 名(2 番目), Class. Quantum Grav. 25 (2008) 184013 (査読あり).
- [6] 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, 安東 正樹,

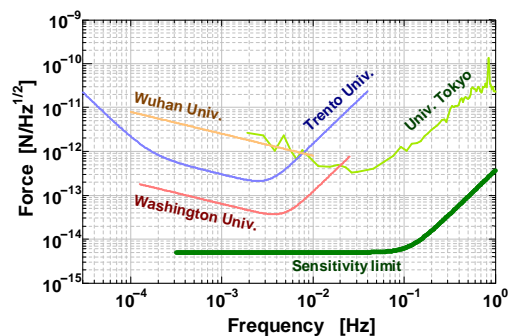


図2. 微小力に対する測定感度のスペクトル。

- 川村静児, 高橋龍一, 他 DECIGO WG, 第 52 回 宇宙科学技術連合講演会集録 (2008) (査読なし).
- [7] スペース重力波アンテナ DECIGO 計画, 安東 正樹, 川村 静児, 中村 卓史, 坪野 公夫, 他 DECIGO WG, 第 6 回宇宙科学シンポジウム集録 (2008) (査読なし).
- [8] 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, 安東 正樹, 川村 静児, DECIGO ワーキンググループ, 低推力・連続加速を用いた宇宙ミッションに関する研究会集録 (2008) (査読なし).
- [9] DECIGO Pathfinder, M.Ando and DECIGO Pathfinder working Group, Proceedings for International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (2008) (査読なし).
- [10] DECIGO: the Japanese Space Gravitational Wave Antenna, M.Ando, Proceedings for 11th Marcel Grossmann Meeting on General Relativity (2008) (査読なし).
- [11] Current status of Japanese detectors, D.Tatsumi, R.Takahashi, K.Arai, N.Nakagawa, K.Agatsuma, T.Yamazaki, M. Fukushima, M. Fujimoto, A.Takamori, A. Bertolini, 他 22 名(14 番目), Class. Quantum Grav. 24 (2007) S399-S403 (査読あり).
- [12] A systematical veto by all monitor signals in a gravitational-wave detector, K. Ishidoshiro, M.Ando, K.Tsubono, N.Kanda, H.Takahashi, and the TAMA Collaboration, Class. Quantum Grav. 24 (2007) S405-S413 (査読あり).
- [13] Theoretical approach to thermal noise caused by an inhomogeneously distributed loss: Physical insight by the advanced modal expansion, K. Yamamoto, M. Ando, K. Kawabe, and K. Tsubono, Phys. Rev. D 75 (2007) 082002 (査読あり).
- [14] スペース重力波アンテナ DECIGO 計画, 安東 正樹, 川村 静児, 中村 卓史, 坪野 公夫, 他 DECIGO WG, 第 6 回宇宙科学シンポジウム集録 (2007) (査読なし).
- [15] 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, 安東 正樹, 川村 静児, DECIGO ワーキンググループ, 低推力・連続加速を用いた宇宙ミッションに関する研究会集録 (2007) (査読なし).
- [16] Results of the search for inspiraling compact star binaries from TAMA300's observation in 2000-2004, T. Akutsu, M. Ando, K. Arai, A. Araya, H. Asada, Y. Aso, MA. Barton, 他 109 名 (2 番目), Phys. Rev. D 74 (2006) 122002 (査読あり).
- [17] Analysis of gravitational wave bursts in TAMA300 data using an ALF filter, T. Akutsu, M. Ando, N. Kanda, D. Tatsumi, S. Telada, S. Miyoki, M. Ohashi, and TAMA Collaboration, Class. Quantum Grav. 23 (2006) S715 (査読あり).
- [18] Experimental efforts to detect gravitational waves - Large scale cryogenic gravitational wave telescope, K. Kuroda, N. Kanda, M. Ohashi, Y. Saito, R. Takahashi, M. Ando, 他 9 名(6 番目), Progress of Theoretical Physics Supplement 163 (2006) 54 (査読あり).
- [19] Joint LIGO and TAMA300 search for gravitational waves from inspiraling neutron star binaries, B. Abbott, R. Abbott, R. Adhikari, A. Ageev, J. Agresti, P. Ajith, B. Allen, J. Allen, 他 521 名 (359 番目), Phys. Rev. D 73 (2006) 102002 (査読あり).
- [20] Veto analysis for gravitational wave burst signals in TAMA300 data using an ALF filter, T. Akutsu, M. Ando, N. Kanda, D. Tatsumi, S. Telada, S. Miyoki, M. Ohashi, and TAMA Collaboration, Class. Quantum Grav. 23 (2006) S23 (査読あり).
- [21] The Japanese space gravitational wave antenna - DECIGO, S. Kawamura, T. Nakamura, M. Ando, N. Seto, K. Tsubono, K. Numata, R. Takahashi, S. Nagano, T. Ishikawa, M. Musha, 他 93 名, Class. Quantum Grav. 23 (2006) S125 (査読あり).
- [22] The CLIO project, S. Miyoki, 他 25 名 (18 番目), Class. Quantum Grav. 23 (2006) S231-S237 (査読あり).
- [23] 安東 正樹, 川村 静児, 中村 卓史, 坪野 公夫, 瀬戸 直樹, 長野 重夫, 田中 貴浩, 石川 毅彦, 植田 憲一, 武者 満, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画, 第 6 回宇宙科学シンポジウム集録 (2006) (査読なし).
- [学会発表](計 25 件)
- [1] M. Ando, et al., DECIGO Pathfinder, 7th International LISA Symposium (16-20 June, 2008, Barcelona, Spain).
- [2] M. Ando, Gravitational-wave experiments, Accelerators in the Universe (March 13, 2008, KEK, Tsukuba).
- [3] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 18 (パスト

- ァインダー), 日本物理学会 2008 年秋季大会 (2009 年 3 月 30 日, 法政大学, 東京).
- [4] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, 第 52 回 宇宙科学技術連合講演会 (2008 年 11 月 07 日 淡路夢舞台国際会議場, 兵庫).
- [5] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 XIII (設計・計画・パスマインダー), 日本物理学会第 63 回年次大会 (2008 年 3 月 25 日, 近畿大学, 大阪).
- [6] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG 小型重力波観測衛星 DPF, 宇宙科学シンポジウム (2008 年 1 月 9 日, 宇宙科学研究本部).
- [7] M.Ando and DECIGO Pathfinder working Group, DECIGO Pathfinder, International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (Sept. 11, 2007, Sendai, Japan).
- [8] M.Ando, K. Ishidoshiro, W.Kokuyama, A.Takamori, A.Araya, K.Tsubono, Development of a Low-Frequency Gravitational-Wave Detector Using Superconductor Magnets, 7th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves (July 13, 2007, Sydney, Australia).
- [9] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, 低推力・連続加速を用いた宇宙ミッションに関する研究会 (2007 年 11 月 2 日 東京国際フォーラム, 有楽町).
- [10] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, 小型重力波観測衛星 (DPF), 合同研究発表会 (2007 年 11 月 2 日, JAXA 総合技術研究本部, 筑波).
- [11] 安東 正樹 穀山 涉, BOV4 号機 中子系, BOV4 号機結果検討会 (2007 年 10 月 4 日).
- [12] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 XII (パスマインダー), 日本物理学会第 62 回年次大会 (2007 年 9 月 21 日, 北海道大学).
- [13] 安東 正樹, 川村静児, 高橋龍一, 中村卓史, 坪野公夫, 他 DECIGO WG, 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO, スペースウィーク 2007 フォーメーションフライトワークショップ (2007 年 6 月 26 日 JAXA 総合技術研究本部, 筑波).
- [14] 安東 正樹, 高島 健, 森脇 成典, 石徹白 晃治, 穀山 涉, 新谷 昌人, 麻生 洋一, 中澤 知洋, 高橋 忠幸, 国分 紀秀, 他 SWIM グループ, 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, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会 (2007 年 5 月 23 日, 幕張メッセ 国際会議場, 幕張).
- [15] 安東 正樹, 川村静児, 船木一幸, 高島 健, 坂井真一郎, 他 DECIGO WG, 小型重力波検出器 DECIGO パスマインダー, 第 5 回 DECIGO ワークショップ (2007 年 4 月 18 日, 国立天文台・解析研究棟・大セミナー室, 三鷹).
- [16] 安東 正樹, 川村静児, 船木一幸, 高島 健, 坂井真一郎, 神田展行, 佐藤修一, 植田憲一, 武者満, 森脇成典, 他 DECIGO WG, DECIGO パスマインダー 干渉計, 第 5 回 DECIGO ワークショップ (2007 年 4 月 18 日, 国立天文台・解析研究棟・大セミナー室, 三鷹).
- [17] 安東 正樹, 川村静児, 船木一幸, 高島 健, 坂井真一郎, 他 DECIGO WG, 小型重力波検出器 DECIGO パスマインダー, 小型科学衛星 WG 第 1 回研究会 (2007 年 4 月 13 日 JAXA 宇宙科学研究本部, 相模原).
- [18] 安東 正樹, 重力波天文学, 日本学術会議シンポジウム「天文学・宇宙物理学の展望」(2007 年 12 月 28 日, 日本学術会議講堂, 東京).
- [19] M.Ando, S.Kawamura, T.Nakamura, et al., DECIGO: the Japanese Space Gravitational Wave Antenna, 11th Marcel Grossmann Meeting on General Relativity (July 27, 2006, Freie Universit at Berlin, Germany).
- [20] 安東 正樹, 森脇 成典, 石徹白 晃治, 山 涉, 新谷 昌人, 麻生 洋一, 高島 健, 中澤 知洋, 高橋 忠幸, 国分 紀秀, 他 SWIM グループ, 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 I (概要), 日本物理学会 2007 年春季大会 (2007 年 3 月 28 日, 首都大学東京, 八王子).
- [21] 安東 正樹, 川村 静児, 高橋 龍一, 中村 卓史, 坪野 公夫, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画 IX (DECIGO パスマインダー), 日本物理学会 2007 年春季大会 (2007 年 3 月 28 日, 首都大学東京, 八王子).
- [22] 安東 正樹, 石徹白 晃治, 穀山 涉, 湯浅 孝行, 榎戸 輝揚, 坪野 公夫, 森脇 成典, 川浪 徹, 新谷 昌人, 高森 昭光, 高橋 忠幸, 高島 健, 吉光 徹雄, 中澤 知洋, 国分 紀秀, 吉光 徹雄, 小高 裕和, 坂井 真一郎, 戸田 知朗, 橋本 樹明, 松岡 彩子, 麻生 洋一, 石川 毅彦, 佐藤 修一, 苔山 圭以子, SWIM 搭載にむけた超小型重力波検出器の開発, 第 7 回 宇宙科学シンポジウム (2006 年 12 月 21, 22 日 宇宙科学研究

本部, 相模原).

[23] 安東 正樹, 川村 静児, 中村 卓史, 坪野 公夫, 瀬戸 直樹, 他 DECIGO WG, スペース重力波アンテナ DECIGO 計画, フォーメーションフライト研究会 (2006 年 12 月 13 日 KKR ホテル熱海, 熱海).

[24] 安東 正樹, 穀山 涉, 久徳 浩太郎, 石徹白 晃治, 坪野 公夫, 高森 昭光, 低周波重力波検出器の開発 II, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 21 日 奈良女子大学, 奈良).

[25] 安東 正樹, 他 DECIGO WG, 重力波天文学に向けた小型衛星による検証実験, スペースウィーク 2006 (2006 年 6 月 28 日 筑波宇宙センター総合開発推進棟, 筑波).

6 . 研究組織

(1)研究代表者

安東 正樹(ANDO MASAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号:90313197

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

高森 昭光

東京大学・地震研究所・助教

新谷 昌人

東京大学・地震研究所・准教授

石徹白 晃治

東京大学・大学院理学系研究科・大学院生

(博士課程)

高橋 走

東京大学・大学院理学系研究科・大学院生

(博士課程)

穀山 涉

東京大学・大学院理学系研究科・大学院生

(博士課程)