

平成30年度研究拠点形成事業 (A. 先端拠点形成型) 実施計画書

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	東京大学宇宙線研究所
(イギリス)側拠点機関：	University of Glasgow
(アメリカ)側拠点機関：	California Institute of Technology
(オーストラリア) 側拠点機関：	Swinburne University of Technology
(台湾)側拠点機関：	National Tsing-Hua University
(韓国)側拠点機関：	Sogang University
(中国)側拠点機関：	Beijing Normal University
(インド)側拠点機関：	Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics
(ベトナム)側拠点機関：	Hanoi National University of Education
(イタリア)側拠点機関：	European Gravitational Observatory
(ドイツ)側拠点機関：	Max Planck Institute
(フランス)側拠点機関：	Centre National de la Recherche Scientifique

2. 研究交流課題名

(和文)：重力波と電磁波多波長観測で挑む未踏未開宇宙

(英文)：Unexplored Universe disclosed by Gravitational Waves and Multi-messenger astronomy

研究交流課題に係るウェブサイト：<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp>

3. 採択期間

平成30年4月1日 ～ 平成35年3月31日

(1年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：東京大学宇宙線研究所

実施組織代表者(所属部局・職名・氏名)：宇宙線研究所・研究所長・梶田隆章

コーディネーター(所属部局・職名・氏名)：宇宙線研究所・准教授・三代木伸二

協力機関：東京大学, 東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター, 東京大学地震研究所, 大

学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構，大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台，国立研究開発法人産業技術総合研究所，大阪市立大学，新潟大学，長岡技術科学大学，東京工業大学，富山大学，福岡大学，大阪工業大学，京都大学

事務組織：東京大学宇宙線研究所

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 国名：英国

拠点機関：(英文) University of Glasgow

(和文) グラスゴー大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Institute for Gravitational Research・Professor・Sheila ROWAN

協力機関：(英文) University of the West of Scotland

(和文) 西スコットランド大学

経費負担区分（A型）： パターン1

(2) 国名：米国

拠点機関：(英文) California Institute of Technology

(和文) カリフォルニア工科大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Division of Physics, Mathematics and Astronomy・Professor・Rana ADHIKARI

協力機関：(英文) University of Florida

(和文) フロリダ大学

協力機関：(英文) Rochester Institute of Technology

(和文) ロチェスター工科大学

協力機関：(英文) University of Minnesota

(和文) ミネソタ大学

協力機関：(英文) Syracuse University

(和文) シラキュース大学

協力機関：(英文) Louisiana State University

(和文) ルイジアナ州立大学

協力機関：(英文) Massachusetts Institute of Technology

(和文) マサチューセッツ工科大学

経費負担区分（A型）： パターン1

(3) 国名：オーストラリア

拠点機関：(英文) Swinburne University of Technology

(和文) スウィンバーン工科大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) Center for Astrophysics and Supercomputing ・ Professor ・ Matthew BAILES
協力機関：(英文) The University of Western Australia
(和文) 西オーストラリア大学
協力機関：(英文) Australian National University
(和文) オーストラリア国立大学
協力機関：(英文) Monash University
(和文) モナッシュ大学
協力機関：(英文) University of Adelaide
(和文) アデレード大学
協力機関：(英文) University of Melbourne
(和文) メルボルン大学
経費負担区分 (A型)： パターン 1

(4) 国名：台湾

拠点機関：(英文) National Tsing-Hua University
(和文) 国立清華大学
コーディネーター (所属部局・職・氏名)：
(英文) Institute of Astronomy ・ Professor ・ Albert KONG
協力機関：(英文) Academia Sinica
(和文) 中央研究院
経費負担区分 (A型)： パターン 2

(5) 国名：韓国

拠点機関：(英文) Sogang University
(和文) 西江大学校
コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：
(英文) Department of Physics ・ Professor ・ Kyuman CHO.
協力機関：(英文) Inje University
(和文) 仁濟大学校
協力機関：(英文) Korea Institute for Science and Technology Information
(和文) 韓国科学技術情報研究院
協力機関：(英文) Ewha Womans University,
(和文) 梨花女子大学
協力機関：(英文) National Institute of Mathematical Sciences,
(和文) 韓国数理科学研究所
協力機関：(英文) Korea Basic Science Institute,
(和文) 韓国基礎科学研究所
経費負担区分 (A型)： パターン 2

(6) 国名：中国

拠点機関：(英文) Beijing Normal University

(和文) 北京師範大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Department of Astronomy・Professor・Zong-Hong ZHU

協力機関：(英文) Ting-Hua University

(和文) 清華大学

協力機関：(英文) University of Science and Technology of China

(和文) 中国科学技術大学

経費負担区分 (A型)： パターン2

(7) 国名：インド

拠点機関：(英文) Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics

(和文) 天文・宇宙物理共同利用機関

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Astrophysics Division・Professor・Sukanta BOSE

協力機関：(英文) Indian Institute of Technology Bombay

(和文) インド工科大学ボンベイ校

協力機関：(英文) Indian Institutes of Science Education and Research Kolkata

(和文) インド科学教育研究機関

経費負担区分 (A型)： パターン2

(8) 国名：ベトナム

拠点機関：(英文) Hanoi National University of Education

(和文) ハノイ師範大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Nanotechnology and Technology Center・Lecturer・Nguyen Cao Khang

経費負担区分 (A型)： パターン2

(9) 国名：イタリア

拠点機関：(英文) European Gravitational Observatory

(和文) ヨーロッパ重力観測所

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Professor・Michele Punturo

協力機関：(英文) Sapienza University of Rome

(和文) ローマ大学

協力機関：(英文) University of Perugia

(和文) ペルージャ大学
協力機関：(英文) Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)
(和文) 核物理研究所
経費負担区分 (A 型)：パターン 1

(10) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) Max Planck Institute
(和文) マックスプランク研究機構
コーディネーター (所属部局・職・氏名)：
(英文) Albert Einstein Institute・Senior Researcher・Harald LUCK
協力機関：なし
経費負担区分 (A 型)：パターン 1

(11) 国名：フランス

拠点機関：(英文) Centre National de la Recherche Scientifique
(和文) フランス国立科学研究センター
コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：
(英文) Astroparticule et Cosmologie Laboratory・Research Director・Matteo BARSUGLIA
協力機関：なし
経費負担区分 (A 型)：パターン 1

5. 全期間を通じた研究交流目標

2015 年 9 月 14 日、人類史上初めて、アメリカの重力波望遠鏡 (Advanced (Adv.) LIGO) が連星ブラックホールの合体からの重力波を検出し、その後も 2 件の同種発生源による重力波信号が報告され、まさに、平成 25 年度採択の拠点形成事業「重力波天文学の創成 (代表：川村静児)」の“創”を体現する歴史的時代が始まった。これは、1915 年にアインシュタインの一般相対性理論で予測された重力波を、半世紀近い努力の末に直接的に検証した物理学・天文学上の大躍進である。日本においても、この Adv.LIGO とヨーロッパの重力波望遠鏡である Adv.Virgo に並ぶ国際的重力波観測拠点を構築すべく、2010 年に「最先端研究基盤事業」として、KAGRA (当時 LCGT) 重力波望遠鏡計画が開始された。その後、大規模学術フロンティア促進事業、科研費・特別推進、研究拠点形成事業などの支援により、2016 年に試験運転に成功し、2018 年度末の装置の本格稼働、2019 年度末の本格観測をめざし現在その構築作業を加速させている。このような重力波“実”観測時代を迎えた今、本拠点形成事業を行う目的は、(1)重力波の波源同定を可能にする Adv.LIGO、Adv.Virgo とのネットワーク観測とデータ解析に関する三拠点の一体的活動、(2)観測データの質的向上のための Adv. LIGO、Adv. Virgo との現世代重力波望遠鏡の改良と安定的運転技術に関する共同研究、(3)重力波発生天体の電磁波多波長観測をより発生早期から行うための協力関係

の構築、将来に向けては、(4)国際的次世代極限重力波望遠鏡検討メンバー国との次世代極限重力波望遠鏡のデザインと技術開発に関する共同研究、そして、(5)アジア・オセアニア地域の研究者の KAGRA への参加を促進し、日本の KAGRA を、アジア・オセアニア地区における重力波観測研究拠点としての責務を果たすにふさわしい充実した中核拠点・研究交流拠点にすることである。この重力波研究“創世”期ともいうべき時代のみが提供しうる爆発的な数の未踏未開宇宙に関する研究の“種”は、特に若手研究者にとって十分魅力的なテーマであり、かつ、活躍できる千載一遇の好機でもあるため、さらなる拠点事業の支援により、その効果を加速させ、重力波観測研究だけにとどまらない天文・物理に関する多角的視野を有する若手研究者の育成につなげていく。

6. 前年度までの研究交流活動による目標達成状況

初年度のため該当無し

7. 平成30年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

2017年8月の Adv.LIGO - Adv.Virgo による連星ブラックホール合体からの重力波のネットワーク観測と波源の方向決定精度の向上、および、連星中性子星合体からの重力波の観測と、その対応天体からのガンマ線、紫外線、可視光線、赤外線、電波といった多波長電磁波のより早い段階からの追尾観測の成功で、物理学だけにとどまらない、重力波による天文学が創生されたといえよう。今後、その発展のため、その重力波ネットワーク観測網の完成と質的向上、そして、電磁波観測母体とのさらなる密な連携を目指し、Adv.LIGO、Adv.VIRGO、各国大学及び研究機関、各観測所との研究協力体制の確立が急務である。

すでに、アメリカの Adv.LIGO では、高性能鏡の導入、追加の散乱光対策、腕共振器の光輻射圧不安定性回避制御、より長い連続運転を目指した地面振動外乱に対してロバストなシステム・制御系の開発などを行うことで、120Mpc 以上離れた場所から発生した連星中性子星合体からの重力波をとらえる感度を目指し、2台の重力波望遠鏡とも改良中で、その感度で、2018年9~12月頃の開始をめぐり1年間の連続観測を予定している。Adv.Virgo もその観測に参加すべく、同様に、熱雑音対策を施した鏡懸架系の導入で、感度向上を目指した改良を行っている。まだ建設中の KAGRA も、平成30年度中には光学系の構築を終え、調整運転の後、平成31年中には、この観測運転に合流することを目指し、Adv.LIGO、Adv.Virgo とのネットワーク重力波観測とデータ解析に関する三拠点の一体的活動を目指している。よって、平成30年は、まずはネットワーク重力波観測を実現するため、研究者の相互交流による、Adv.LIGO、および、Adv.Virgo の知識と経験と技術の導入を頻繁に行うことで、KAGRA の建設を加速させる。平成30年度早々には、Adv.LIGO の主要メンバー一人を2か月間招聘し(本事業経費外)、KAGRA サイトにおいて、KAGRA の構築のサポート及びソフト開発を行っていただく予定である。データの保管や解析に関しても、一体的活動で必須となる、データの共通処理、転送などに関するうち合わせを、LIGO-Virgo (LV) 会議や、Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW) などの国際会議を通じて行ってゆく予定であ

る。韓国、中国、台湾、ベトナム各国とは、KAGRA のコラボレーターとして、具体的には、入射光学・補助光学系の構築（韓国）、データ収集・保管ネットワークシステムの構築、データ解析ソフトの開発、重力波発生メカニズムの理論的研究（韓国・中国・インド・ベトナム）、フォトンキャリブレーター装置の構築（台湾・インド・アメリカ）を行っていく予定であり、その密な連携は、KAGRA F2F 会議、KAGRA International Workshop (KIW)を通じても行っていく予定である。

重力波観測装置、及び、観測データの質的向上のための Adv. LIGO、Adv. Virgo との現世代重力波望遠鏡の改良と安定的運転技術に関する共同研究を行う。具体的には、コミッションング会議・干渉計診断技術会議などを各重力波望遠鏡サイトで開催するなどし、迅速な感度向上に関する Adv. LIGO、Adv. Virgo の知識と経験、および、先端的試みを KAGRA で実践・導入する機会とする。安定的運用に関しても、KAGRA 独自の地殻歪計による地球物理学的な測定データの重力波望遠鏡動作安定化実験や、Adv. LIGO、Adv. Virgo で考案されている、地震計ネットワークデータを利用したフィードフォワード安定化実験などについて、Gravitational Wave Advanced Detector Workshop (GWADW)や地球物理学をテーマとする国際会議を通じて共同研究する予定である。

次世代極限重力波望遠鏡を実現するための要素技術開発に関しても、1.5 micro meter レーザー光源開発、シリコン等の新鏡基材開発、サファイア基材の大型化、高品質化、熱雑音を低減させる結晶化薄膜素材開発、そして低温技術などに関し、オーストラリア、イギリス、ドイツ、イタリア、フランス、ベトナム、アメリカと共同研究開発を行い、これも GWADW、DAWN のような国際会議、及び相互サイト・研究機関訪問を通じて、共同研究を行っていく予定である。

重力波発生天体の電磁波多波長観測をより発生早期から行うための協力関係の構築においては、国内では、電磁波観測母体集団である J-GEM グループ、特に、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターの木曾天文台、そして、東京大学アタカマ天文台 (TAO) との連携の強化のため、Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG) 国際会議などを通じて情報交換を行い、国外では、台湾グループの所有する天文台や、オーストラリアグループが得意とする電波天文台グループとの連携強化と共同研究を、KIW などの国際会議を通じ行い、KAGRA から得られた重力波観測データの即時解析結果の伝達方式や経路について、現在は未だ未整備であることを整備していく予定である。

<学術的観点>

重力波は、可視光、赤外線、X 線、ガンマ線などの電磁波や、宇宙線と呼ばれる素粒子といった既存の宇宙の観測手段とその発生原理が本質的に異なる波動現象であるため、重力波でしか見えない世界、すなわち、未踏未開宇宙を解明する極めて重要な観測手段である。特に、人類が検出可能な重力波は、宇宙の進化を支配する極限的に高いエネルギーを放つ現象、つまり、宇宙の誕生、超新星爆発、ブラックホールや中性子星の合体などから発生するため、宇宙の進化を解明する上で欠くことのできない情報源である。既に Adv. LIGO により、中質量のブラックホール連星の合体からの重力波の検出に 5 回成功し、ブラックホールの

直接的存在証明がなされ、非常に強い重力場においても一般相対性理論に有意な破綻が見られないなどの新たな知見が得られると同時に、重力波発生天体とされるブラックホールの起源に関する宇宙論的考察も活発化している。さらに、Adv. Virgo とのネットワーク観測により、連星中性子星合体からの重力波の検出、及び、発生源のより詳細な特定に成功し、その位置情報から、この重力波発生現象に時間差をおいて到達する高エネルギー電磁波、つまり、ガンマ線、X線、赤外光、電波、可視光などについて、今までにない早期からの観測にも成功した。結果、宇宙における重金属合成の過程の一つとして、連星中性子星合体が有望であることも示され、重力波研究の学術的重要性は、単なる時空の物理学だけの世界から、原子核物理学、そして、天文学へと広範囲に波及している。また、将来、ニュートリノとの重力波(非)同時観測がなされれば、超新星爆発メカニズムの解明につながると期待される。

ただし、これらの成果を生み出しつつある重力波天文学は、まだ始まったばかりであり、特に、KAGRA が同時観測に参加することによって、初めて重力波に関する完全な情報、具体的には、最後に残る重力波の偏波の情報が獲得できるため、真に、強い重力場における相対性理論の正しさに迫るには、KAGRA の完成と同時観測への合流は必須であり、学界に対する大きな責務である。一刻も早くこれを実現するために、平成 30 年度は、Adv. LIGO、Adv. Virgo との研究交流密に行い、その知見の導入により、建設の加速化につなげていく。その後は、現重力波望遠鏡の質的改善と安定的運用により、重力波の観測数が増加し、かつ、各種パラメータ決定精度も向上することは自明であるため、今後、統計と精度の両面の改善により、ブラックホールスピンの決定、中性子星の状態方程式の解明、超新星爆発メカニズムの解明、重金属合成問題、重力理論の選別、宇宙初期における初代星、及びブラックホールの起源などを解明していきたい。ただし、重力波望遠鏡の質的改良は Adv. LIGO や Adv. Virgo であっても 1~2 年という時間スケールがかかり、KAGRA も同様であり、その改良の成果は、さらにそれに続く 1 年程度のネットワーク観測により初めて達成できるという時間スケールをご理解いただきたい。

また、KAGRA は地下に建設され、かつ、低温技術の導入という、次世代極限重力波望遠鏡で想定される先進技術を先取りしており、その技術的成果は、ET 計画をはじめとする、世界的に歩調を合わせながらその要素技術開発を行い、かつ、共同運営を目指している次世代極限重力波望遠鏡の試金石となる。その意味で、平成 30 年度に目指されている、KAGRA の 4 枚の腕共振器用サファイア鏡の 20K への冷却と、その防振装置との結合運用、そして、重力波望遠鏡としての運転は、世界に先駆けた学術的価値の高い成果として、Adv. LIGO、Adv. Virgo との研究交流を先導的に活発化させうる KAGRA の独自性であるため、この KAGRA の建設スケジュール(2018 年 5 月までに Phase1、2019 年 3 月までに Phase3 を完成させ、2019 年度中に Adv. LIGO、Adv. Virgo との共同重力波観測である O3 に参加する)を維持していきたい。

<若手研究者育成>

各重力波発生源に最適化されたデータ解析技術に関するデータ解析スクールを暫時開催し、基本的なデータ解析やプログラミング技術の取得と、若手ならではの斬新な切り口によ

る新しい解析手法や、新しい発想による、今まで主には想定されていない物理現象からの重力波解析に取り組んでいただく。

また、学生に、Adv.LIGO、Adv.Virgo の改良期の感度向上改造実験（コミッショニング）に直接的に参加していただき、その技術を学んでもらう。同時に、コミッショニング技術や干渉計診断技術会議を、KAGRA を含む各重力波望遠鏡サイトで開催し、両技術の向上に関して、各国の研究者から学ぶ。

高エネルギー天体、超新星爆発、ブラックホール、中性子星など、重力波発生天体に関する研究会に積極的に参加していただき、重力波発生と電磁波観測発生との時間差、多波長電子波の時間的発展の示す物理的意味に関して学習していただき、重力波だけに限らない、宇宙物理に関する幅広い知識の取得による研究者としての広いアンテナの獲得を支援する。

次世代極限重力波望遠鏡の実現に必要なとされる、「熱雑音の研究」「新しい鏡機材と薄膜コーティングに関する研究」「低温技術に関する研究」「重力雑音除去」「量子雑音の改善手法の開発」などの各テーマに関し、研究交流を図り、かつ可能なら R&D 実験に参加することで、新しい研究テーマを通じた若手研究者の発想、研究、交流能力の向上を図る。

アジア・オセアニア地域においては、オーストラリアを除いて、年に 1 回をめぐり、重力波の発生理論、重力波のデータ解析、重力波望遠鏡の構造と感度向上に関するセミナーを開催し、重力波研究の認知度を高める活動を行う。興味を持つ大学院生に対しては、まず、例えば東京大学の外国人特別枠大学院入学制度を利用し合格していただくことで、テーマを設け、研究活動を通じ研鑽を積んでいただき、研究者として後継となる人物の育成、海外との連絡調整を任せられる人材に成長させる。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

本事業の受託契約者である東京大学宇宙線研究所は、2017 年から、岐阜県飛騨市と連携協力に関する協定を締結し、互いが連携協力を進めることで、学術研究、人材の育成 及び地域社会の発展に寄与することを目的とし活動を始めた。その一つとして、KAGRA の研究者が飛騨市において、サイエンスカフェを開催し、宇宙線研研究の紹介活動を行い、また、飛騨市が主催する市民のための大規模（300 人規模の）KAGRA 見学会などを開催し、市民との交流を図っている。それ以外にも、スーパーサイエンスハイスクール制度を利用し、飛騨市神岡地区にある、スーパーカミオカンデ等の複数研究施設を見学に来る高校生、及び、近隣で開催された物理学・天文学関係の国内外学会関係者の見学を多数受け入れ、高校生の教育活動、研究広報活動を頻繁に行っている。KAGRA の研究者は、隣県の富山市に居を構えるものも多いため、その関係で、富山県においても、サイエンスカフェや、科学館における研究展示を開催させていただいており、平成 30 年度も、積極的に地域社会との交流と連携、全国の科学に興味を持つ学生たちへの教育活動を行っていく予定である。当然ではあるが、KAGRA のホームページ、東大宇宙線研の広報室を通じ、KAGRA の建設進展状況などを報告していく予定である。

8. 平成 30 年度研究交流計画状況

8 - 1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成 30 年度	研究終了年度	平成 34 年度
共同研究課題名	<p>(和文) 重力波と多波長電磁波観測で挑む未踏未開宇宙</p> <p>(英文) Unexplored Universe Disclosed by Gravitational Waves and Multi-Messenger Astronomy</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	<p>(和文) 三代木伸二・東京大学宇宙線研究所・准教授・(1-1)</p> <p>(英文) Shinji MIYOKI・Institute for Cosmic Ray Research・The University of Tokyo・(1-1)</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	<p>(英文)</p> <p>Sheila ROWAN・University of Glasgow・Professor・(2-1)</p> <p>Rana ADHIKARI・California Institute of Technology・Professor・(3-1)</p> <p>Matthew BAILES・Swinburne University of Technology・(4-1)</p> <p>Albert KONG・National Tsing-Hua University・Professor・(5-1)</p> <p>Kyuman CHO・Sogang University・Professor・(6-1)</p> <p>Zong-Hong ZHU・Beijing Normal University・Professor・(7-1)</p> <p>Sukanta BOSE・Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics・Professor・(8-1)</p> <p>NGUYEN Cao Khang・Hanoi National University of Education・Lecturer・(9-1)</p> <p>Michele PUNTURO・European Gravitational Observatory・Professor・(10-1)</p> <p>Harald LUCK・Max Planck Institute・Senior Researcher・(11-1)</p> <p>Matteo BARSUGLIA・Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)・Senior Researcher・(12-1)</p>				
30年度の 研究交流活動 計画	<p>1. Adv.LIGO への研究者の派遣を行う。特に若手研究者（大学院生を含む）1名を1か月の期間にわたり派遣し、コミッションングに参加させる。また、研究者1名を2週間程度派遣し、レーザー予備安定化技術、干渉計診断技術、そして、次世代極限重力波望遠鏡に関する共同で行う研究も進める。また、アメリカで開催される重力波望遠鏡技術に関する国際会議(GWADW)、および、データ解析に関する国際会議（GWPAW）に KAGRA からそれぞれ数名を派遣し、現重力波望遠鏡の技術的課題や次世代極限重力波望遠鏡の要素技術開発、データの一体的共有と解析、電磁波フォローアップ観測に関し、共同で行う研究を進める。LIGO の研究者 1~2 名に KAGRA に来ていただき KAGRA のコミッションング・干渉計診断技術開発に参加していただく（本事業経費外）。</p>				

	<p>2. イタリアで行われる予定の第5回 KIW に日本側から5名程度を派遣し、次世代極限重力波望遠鏡に関する共同で行う研究を EGO と進める。さらに、研究者1名を1週間の期間にわたりイタリアへ派遣し、低温技術等に関する共同で行う研究を進める。若手研究者（大学院生を含む）1名を1か月の期間にわたり Adv.Virgo に派遣し、コミッションングに参加させる。イタリアで開催される ET 計画に関する会議に KAGRA 側から数名を派遣し、フランス、イギリス、ドイツのグループも交えて、ET 計画と次世代極限重力波望遠鏡に関し、共同で行う研究を進める。EGO の研究者1~2名に KAGRA に来ていただき KAGRA のコミッションングに参加していただく。同様に、韓国で開催予定の第4回 KIW にも参加していただき、KAGRA メンバーとともに、アジア各国の研究者に対し、次世代究極重力波望遠鏡計画に関する参加呼びかけを行っていただく。</p> <p>3. 韓国と、KAGRA で使う入射光学システムや干渉計診断、データ解析に関し、共同で行う研究を進める。各テーマに関して、KAGRA の研究者が1名1週間程度韓国を訪れ、また、入射光学系の KAGRA へのインストレーション、干渉計診断の共同開発のために、韓国の研究者2名程度が2週間程度 KAGRA を訪れる。韓国で行われる KAGRA に関するワークショップに KAGRA から約10名を派遣し、データ解析・重力波発生理論・入射光学系・干渉計診断等に関し、共同で行う研究に関する議論を行う。</p> <p>4. 中国に、研究者1名1週間派遣し、データ解析に関し、共同で行う研究を進める。中国の研究者（大学院生を含む）3名4週間程度 KAGRA に招へいし、データ解析に関し、共同で行う研究を進める。</p> <p>5. 台湾の天文台に日本側の研究者を1名派遣し、重力波天体フォローアップ観測に関する連携について共同で行う研究を進める。台湾の研究機関に日本側の研究者を3名程度派遣し、データ解析およびフォトンキャリブレーターに関し、共同で行う研究を進める。台湾から、研究者7名程度を KAGRA に招聘し、データ解析、およびフォトンキャリブレーターに関し、共同で行う研究を進める。</p> <p>6. インドに KAGRA の研究者を1名1週間程度派遣しデータ解析等に関し、共同で行う研究を進める。</p>
--	--

	<p>7. ベトナムに KAGRA の研究者を 1 名 1 週間程度派遣しデータ解析や薄膜技術に関し、共同で行う研究、学生研鑽活動を。</p> <p>8. オーストラリアに KAGRA の研究者を 1 名程度派遣し、量子雑音低減や干渉計不安定問題に関する共同で行う研究を進める。</p> <p>9. フランスに KAGRA の研究者を 1 名程度派遣し、薄膜コーティングの改良に関する共同研究を行う。同時に、フランスからも研究者を 1 名招聘し（本事業経費外）、薄膜コーティングに関する共同で行う研究を進める。</p> <p>10. これらの共同研究を進める上でメールやTV会議システム等を用いて定期的に情報交換を行う。またセミナーの際には進捗状況を直接確認する機会を設ける。</p>
<p>30年度の 研究交流活動 から得られる ことが期待さ れる成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Advanced LIGO への研究者の派遣により、baseline KAGRA のインストレーションがスムーズに行われ、平成 31 年のネットワーク重力波観測参加への準備が加速される。また次世代極限重力波望遠鏡開発が進むと期待できる。 2. EGO との研究者の双方向交流により、baseline KAGRA の特に低温懸架システムについてスムーズに KAGRA にインストールすることができる。平成 31 年のネットワーク重力波観測参加への準備が加速される。また、次世代極限重力波望遠鏡開発が進むと期待できる。 3. 韓国との共同研究により baseline KAGRA の開発とインストレーションを加速させ、平成 31 年のネットワーク重力波観測参加への準備が加速される。 4. 中国との共同研究により KAGRA のデータ解析技術の基盤整備が期待できる。 5. 台湾での共同研究により、電磁波多波長フォローアップ観測、データ解析、フォトンキャリブレーション開発の進展が期待できる。 6. インドとの共同研究により KAGRA のデータ解析技術の基盤整備が期待できる。 7. ベトナムとの共同研究により、データ解析技術の基盤整備と、次世代極限重力波望遠鏡開発が進むと期待できる。 8. ドイツ、オーストラリア、イギリスとの共同研究で、次世代極限重力波望遠鏡の実現に向けた様々な要素技術開発が進むと期待できる。

	<p>9. フランスとの共同研究により、KAGRA に必要とされるサファイア鏡の薄膜コーティングの確実な完成が期待できる。</p> <p>10. アジア諸国の研究者の招へい、特に若手研究者（大学院生を含む）を数週間以上の期間にわたり招へいし、KAGRA のための開発研究を行ってもらい、将来のアジア地域の重力波研究を担う若手研究者の育成を行う。</p> <p>11. 重力波に関する国際会議での成果発表を行い、それらに関する議論を通して、研究状況の客観的評価を行い今後の進め方を議論し決定する。</p>
--	---

8-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第4回 KAGRA 国際ワークショップ」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “4 th KAGRA International Workshop”
開催期間	平成30年6月29日 ~ 平成30年6月30日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 韓国・ソウル・梨花女子大学
	(英文) Korea・Seoul・Ewha Womans University
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 三代木伸二・東京大学宇宙線研究所・准教授・(1-1)
	(英文) Shinji MIYOKI・Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo・Associate Professor・(1-1)
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外での開催の場合)	(英文) Chunglee KIM・Ewha Womans University・Associate Professor・(6-5)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (韓国)		備考
		A.	B.	
日本	A.	10/30		
	B.	5		
(韓国)	A.	5/15		
	B.	20/20		
(中国)	A.	3/9		
	B.	0		
(台湾)	A.	4/12		
	B.	0		
(イタリア)	A.	2/8		
	B.	0		
(アメリカ)	A.	1/4		
	B.	0		
合計 <人/人日>	A.	25/78		
	B.	25		

A. 本事業参加者（参加研究者リストの研究者等）

B. 一般参加者（参加研究者リスト以外の研究者等）

※人／人日は、2／14（＝2人を7日間ずつ計14日間派遣する）のように記載してください。

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	本セミナーは、一昨年度から開催された「KAGRA 国際ワークショップ」の第4回である。参加国は開催国を中心に主にアジアの各国の参加が見込まれるものである。また、欧米豪からも若干の参加者が見込まれる。本セミナーの目的は、現在継続中の共同研究についての進捗状況の発表を行い、それらに関する議論を通して、研究状況の客観的評価を行い、可能な限り早期の KAGRA の完成を目指せる進め方を議論し、多くの選択肢の中から最適なものを決定し、ロードマップの再構築とその情報の Wiki 上での共有を行うことである。さらに、今後のアジアの若手研究者の招へいについても、日程や実験の詳細についての検討をおこなう。
期待される成果	本ワークショップの開催により、特にアジア各国との共同研究をより一層進めることができる。特に韓国は、KAGRA の重要装置開発を日本のグループとほぼ一体的に行っている。韓国科学技術情報研究院は、Tier1 データセンターとして、iKAGRA 観測以降のデータを継続的にミラーしてデータの保全に努めている。同時に、干渉計診断技術の開発も行っている。仁済大学校と梨花女子大学を中心としたグループはデータ解析に関して、ソフト開発を進めている。西江大学は、チルトセンサーを開発し、既に KAGRA に導入し、成果を上げている。本セミナーの開催により、これらの技術を持った各国と足並みをそろえることで、研究の効率化や情報共有が可能になるため、本セミナーの開催が KAGRA の迅速な構築に寄与するであろうことが期待できる。また、本セミナーにより、アジアの若手研究者に対し、KAGRA で必要とされている研究の内容と必要とされる時期の紹介を行い、直接的に相談に乗ることで、アジアの若手研究者の招へいをスムーズそしてタイムリーに行うことが可能となる。

セミナーの運営組織	日本とアジア各国そしてヨーロッパから数名出し合い、Scientific Organizing Committee (SOC) を組織する。プログラムの設定は SOC が中心になって行う。また、会場などの担当は、韓国側研究者数名による Local Organizing Committee (LOC) が行う。	
開催経費 分担内容	日本側	内容 日本研究者の渡航費 金額 800,000 円
	(韓国) 側	内容 日本研究者の滞在費
	(中国) 側	内容 中国研究者の渡航費・滞在費
	(台湾) 側	内容 台湾研究者の渡航費・滞在費
	(イタリア) 側	内容 イタリア研究者の渡航費・滞在費
	(アメリカ) 側	内容 アメリカ研究者の渡航費・滞在費

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「第5回 KAGRA 国際ワークショップ」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “5 th KAGRA International Workshop”
開催期間	平成 31 年 2 月 14 日 ~ 平成 30 年 2 月 16 日 (3 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) イタリア、ペルージャ、ペルージャ大学
	(英文) Italy, Perugia, University of Perugia
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 三代木伸二・東京大学宇宙線研究所・准教授・(1-1)
	(英文) Shinji MIYOKI・Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo・Associate Professor・(1-1)
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外での開催の場合)	(英文) Helios VOCCA・University of Perugia・Associate Professor・(10-4)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (イタリア)	備考
日本	A.	5/ 32	
	B.	1	
(イタリア)	A.	10/ 30	
	B.	25	
(中国)	A.	1/ 4	
	B.	0	
(台湾)	A.	1/ 4	
	B.	0	
(韓国)	A.	1/ 4	
	B.	0	
(ドイツ)	A.	1/ 4	
	B.	0	
(イギリス)	A.	1/ 4	
	B.	0	
(フランス)	A.	1/ 4	
	B.	0	
合計 <人/人日>	A.	19/ 78	
	B.	26	

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人/人日は、2/14 (= 2人を7日間ずつ計14日間派遣する) のように記載してください。

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	本セミナーは、一昨年度から開催された「KAGRA 国際ワークショップ」の第5回である。KIW はアジアで開催されることが基本であるが、Adv.LIGO – Adv.Virgo との同時ネットワーク重力波観測を目前に控え、その打ち合わせや、次世代極限重力波望遠鏡に関する共同研究の促進のため、Adv.Virgo 重力波望遠鏡があるイタリアで開催される。よって、多くの欧米からの参加者が見込まれる。また、若干名のアジアからの参加者も期待され、アジアの研究者の次世代極限重力波望遠鏡開発への導入ともする。
-----------	---

期待される成果	本ワークショップの開催により、Adv.Virgo と Adv.LIGO との同時ネットワーク重力波観測に関する準備が加速され、共同観測に向け、各望遠鏡の達成すべき目標や時期が明確化される。また、EGO は ET 計画という、次世代極限重力波望遠鏡計画を策定しており、そこで想定されている、「地下環境の利用」と「低温技術の導入」は KAGRA が先駆けて開発している技術であり、KAGRA の開発状況は、重要な試金石であるので、次世代極限重力波望遠鏡の要素技術に関する共同開発が進むと考えられる。さらに、ヨーロッパでの開催であるため、次世代極限重力波望遠鏡に想定されるその他の要素技術開発で卓越するイギリス、フランス、ドイツの参加もあるので、さらに、KAGRA をはじめとする次世代極限重力波望遠鏡の共同研究が効率よく進められる。	
セミナーの運営組織	日本とアジア各国そしてヨーロッパから数名出し合い、Scientific Organizing Committee (SOC) を組織する。プログラムの設定は SOC が中心になって行う。また、会場などの担当は、イタリア側研究者数名による Local Organizing Committee (LOC) が行う。	
開催経費 分担内容	日本側	内容 日本研究者の渡航費・滞在費 金額 1,800,000 円
	(イタリア) 側	内容 イタリア研究者の渡航費・滞在費
	(中国) 側	内容 中国研究者の渡航費・滞在費
	(台湾) 側	内容 台湾研究者の渡航費・滞在費
	(韓国) 側	内容 韓国研究者の渡航費・滞在費
	(イギリス) 側	内容 イギリス研究者の渡航費・滞在費
	(ドイツ) 側	内容 ドイツ研究者の渡航費・滞在費
	(フランス) 側	内容 フランス研究者の渡航費・滞在費

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外の交流（日本国内の交流を含む）計画を記入してください。

特になし

8-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

該当なし

9. 平成30年度研究交流計画総人数・人日数

9-1 相手国との交流計画

派遣先 派遣元	日本 〈人/人日〉	英国 〈人/人日〉	米国 〈人/人日〉	オーストラリア 〈人/人日〉	台湾 〈人/人日〉	韓国 〈人/人日〉	中国(北京) 〈人/人日〉	インド 〈人/人日〉	ベトナム 〈人/人日〉	イタリア 〈人/人日〉	ドイツ 〈人/人日〉	フランス 〈人/人日〉	合計 〈人/人日〉
日本 〈人/人日〉	()	1/10 ()	5/35 (10/70)	1/7 (1/7)	5/20 (5/20)	10/30 (10/40)	3/18 (2/12)	2/12 (1/7)	1/7 (1/4)	6/40 (10/50)	1/7 (2/14)	1/7 (4/16)	36/193 (46/240)
英国 〈人/人日〉	1/6 (2/12)	()	(20/120)	(1/7)	()	()	()	()	()	1/5 (7/35)	(3/15)	(1/4)	2/11 (34/205)
米国 〈人/人日〉	2/14 (2/14)	(3/21)	()	(5/35)	(1/4)	1/4 ()	(1/4)	(2/14)	()	(6/42)	(2/14)	(2/14)	3/18 (24/176)
オーストラリア 〈人/人日〉	1/7 (2/12)	(1/5)	(9/54)	()	()	()	(5/35)	(1/7)	()	(4/40)	(2/14)	()	1/7 (24/179)
台湾 〈人/人日〉	7/120 (3/50)	()	(3/15)	()	()	4/12 ()	()	()	()	1/5 (1/7)	()	()	12/137 (7/122)
韓国 〈人/人日〉	8/56 ()	()	(2/12)	()	()	()	()	()	()	1/5 (1/7)	(1/7)	(1/4)	9/61 (5/30)
中国(北京) 〈人/人日〉	4/60 ()	()	(4/20)	()	()	3/9 (1/3)	()	()	()	1/5 (3/21)	()	()	8/74 (8/44)
インド 〈人/人日〉	2/14 ()	()	(4/20)	(1/7)	()	()	()	()	()	(2/14)	()	()	2/14 (7/41)
ベトナム 〈人/人日〉	1/7 ()	()	(1/7)	()	()	(1/15)	()	()	()	()	()	(4/8)	1/7 (6/30)
イタリア 〈人/人日〉	3/21 (9/54)	(2/10)	(15/90)	(1/7)	()	2/8 ()	()	()	()	()	(2/10)	(5/10)	5/29 (34/235)
ドイツ 〈人/人日〉	1/6 (1/6)	(2/10)	(5/30)	()	()	()	()	()	()	1/5 (5/44)	()	()	2/11 (13/96)
フランス 〈人/人日〉	(1/30)	(1/5)	(6/36)	()	()	()	()	()	()	1/5 (4/40)	()	()	1/5 (12/141)
合計 〈人/人日〉	30/311 (20/178)	1/10 (9/51)	5/35 (79/474)	1/7 (9/63)	5/20 (6/24)	20/63 (12/58)	3/18 (8/51)	2/12 (4/28)	1/7 (1/4)	12/70 (43/300)	1/7 (12/74)	1/7 (17/56)	82/567 (220/1539)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流する人数・人日数を記載してください。（なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。）

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

※相手国以外の国へ派遣する場合、国名に続けて（第三国）と記入してください。

9-2 国内での交流計画

	交流予定人数 <人/人日>							
合計	15	/	45	(人	/	人日)

様式 1-1

[公表]

10. 平成30年度経費使用見込み額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	1,000,000	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	11,100,000	
	謝金	100,000	
	備品・消耗品 購入費	150,000	
	その他の経費	250,000	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	900,000	
	計	13,500,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		1,350,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合 計		14,850,000	