

**研究拠点形成事業
平成 27 年度 実施報告書**
A. 先端拠点形成型

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	東京大学 宇宙線研究所
(米国) 拠点機関：	ルイジアナ州立大学
(ドイツ) 拠点機関：	マックスプランク研究機構
(英国) 拠点機関：	グラスゴー大学
(オランダ) 拠点機関：	NIKHEF
(イタリア) 拠点機関：	ヨーロッパ重力観測所
(オーストラリア) 拠点機関：	西オーストラリア大学
(韓国) 拠点機関：	高麗大学
(中国) 拠点機関：	北京師範大学
(中国) 拠点機関：	上海師範大学
(台湾) 拠点機関：	国立清華大学
(インド) 拠点機関：	天文・宇宙物理共同利用機関
(ベトナム) 拠点機関：	ハノイ師範大学
(フランス) 拠点機関：	フランス国立科学研究センター

2. 研究交流課題名

(和文)： 重力波天文学の創成
(交流分野： 重力波天文学)

(英文)： Establishment of gravitational wave astronomy
(交流分野： Gravitational Wave Astronomy)

研究交流課題に係るホームページ：<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/>

3. 採用期間

平成 25 年 4 月 1 日 ～ 平成 30 年 3 月 31 日
(3 年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名)：宇宙線研究所・所長・梶田隆章

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：宇宙線研究所・教授・川村静児

協力機関：東京大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構、大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構、東京工業大学、独立行政法人産業技術総合研究所、大阪市
立大学、大阪大学、電気通信大学、独立行政法人情報通信研究機構、富山大学、新潟大学、
防衛大学校

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：米国

拠点機関：(英文) Louisiana State University

(和文) ルイジアナ州立大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

(英文) College of Science・Professor・Warren JOHNSON

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) California Institute of Technology

(和文) カリフォルニア工科大学

協力機関：(英文) MIT

(和文) マサチューセッツ工科大学

協力機関：(英文) LIGO Laboratory

(和文) レーザー干渉計型重力波天文台研究所

経費負担区分 (A型)：パターン1

(2) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) Max Planck Society

(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 LUECK

協力機関：(英文) Friedrich Schiller University Jena

(和文) フリードリヒ・シラー大学イェーナ

協力機関：(英文) Leibniz Universitaet Hannover

(和文) ハノーファー大学

経費負担区分 (A型)：パターン1

(3) 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

(4) 国名：オランダ

拠点機関：(英文) NIKHEF

(和文) 原子物理学高エネルギー物理学研究所

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) National Institute for Subatomic Physics・Professor・Jo VAN DEN

BRAND

経費負担区分 (A型)： パターン1

(5) 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) Senior Researcher・Michele PUNTURO

協力機関：(英文) University of Rome

(和文) ローマ大学

協力機関：(英文) University of Sannio

(和文) サニオ大学

協力機関：(英文) INFN

(和文) 核物理研究所

経費負担区分 (A型)： パターン1

(6) 国名：オーストラリア

拠点機関：(英文) University of Western Australia

(和文) 西オーストラリア大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Faculty of Life and Physical Sciences・Professor・David BLAIR

協力機関：(英文) University of Adelaide

(和文) アデレード大学

協力機関：(英文) Australian National University

(和文) オーストラリア国立大学

経費負担区分 (A型)： パターン1

(7) 国名：韓国

拠点機関：(英文) Korea University

(和文) 高麗大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Department of Physics ・ Professor ・ Tai Hyun YOON

協力機関：(英文) Inje University

(和文) 仁済大学校

協力機関：(英文) Pusan National University

(和文) 釜山大学校

協力機関：(英文) Seoul National University

(和文) ソウル大学校

協力機関：(英文) Hanyang University

(和文) 漢陽大学校

協力機関：(英文) National Institute for Mathematical Sciences

(和文) 数理学国立研究所

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) Myongji University

(和文) 明知大学校

協力機関：(英文) Sogang University

(和文) 西江大学校

経費負担区分 (A型)： パターン2

(8) 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) Astronomy ・ Professor ・ Zong-Hong ZHU

協力機関：(英文) Tsing-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

(9) 国名：中国

拠点機関：(英文) Shanghai Normal University

(和文) 上海師範大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：

(英文) Shanghai United Center for Astrophysics・Professor・Xiang-Hua ZHAI

経費負担区分 (A型)：パターン2

(10) 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 for Photonics Technologies・Professor・Shiuh CHAO

経費負担区分 (A型)：パターン2

(11) 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・Emeritus Professor・Sanjeev V. DHURANDHAR

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

(和文) インド科学教育研究所

協力機関：(英文) RRI

(和文) ラマン研究所

協力機関：(英文) CMI

(和文) チェンナイ数学研究所

協力機関：(英文) TIFR

(和文) タタ基礎研究所

協力機関：(英文) RRCAT

(和文) ラジャ・ラマンナ先端技術センター

協力機関：(英文) ICTS

(和文) 理論科学国際センター

経費負担区分 (A型)：パターン2

(12) 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) Department of Physics・Associate Professor・NGUYEN Quynh Lan

経費負担区分 (A 型) : パターン 2

(13) 国名 : フランス

拠点機関 : (英文) Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)

(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・氏名) :

(英文) Laboratoire des Matériaux Avancés (LMA) ・ Professor ・ Gianpietro CAGNOLI

経費負担区分 (A 型) : パターン 1

5. 研究交流目標

5-1. 全期間を通じた研究交流目標

重力波は、アインシュタインの一般相対性理論により予言され、2015年9月に Advanced LIGO により初検出された。これは、地球から約 13 億光年離れたところで起こった、太陽の 30 倍程度の質量を持つブラックホール連星の合体から発生した重力波だった。この発見により、中性子星やブラックホールの連星合体、超新星爆発、パルサー、インフレーションなどについて重力波を用いて観測する、いわゆる重力波天文学が誕生した。

我々は、重力波天文学をより発展させていくために、大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の建設を推進している。KAGRA は 3km の基線長を持つ第 2 世代重力波検出器であり、Advanced LIGO や Advanced Virgo からなる重力波観測国際ネットワークに KAGRA が加わることにより、検出可能な全天カバー率、重力波源の方向決定精度、3つの検出器の同時稼働率などの著しい向上が期待でき、重力波天文学のより一層の進展が期待されている。また、KAGRA は Advanced LIGO や Advanced Virgo などの第 2 世代検出器の標準技術に加えて、『地下設置による地面振動や重力場雑音の低減』、『低温鏡による熱雑音の低減』という 2 つの大きな特徴を持つ。これらは、ヨーロッパで検討されている Einstein Telescope (ET) やアメリカで検討され始めた Cosmic Explorer などの第 3 世代重力波検出器の実現にとって必須技術である。したがって、KAGRA を動作させることは、それ自身、第 3 世代重力波検出器の実現に向けた実証試験となり、それにより第 3 世代検出器の早期実現に寄与することができる。

本研究拠点形成事業の目標は、(1) アメリカの LIGO グループと、KAGRA の第 2 世代技術を中心とする共同研究および、(2) ヨーロッパの第 3 世代検出器 ET 開発グループと KAGRA の第 3 世代技術を中心とする共同研究を行い、(3) アジア・オセアニア地域の各国の研究者に、KAGRA に本格的に参加していただくことにより、我が国と世界各国の研究教育拠点機関をつなぐ持続的な協働関係を確立し、世界の重力波ネットワークの中核的拠点、特にアジア・オセアニア地域における研究交流拠点を構築することである。また、これら

の国々との双方向の研究者交流やワークショップの開催を通じて、次世代の重力波研究を担う若手研究者を育成する。そして、KAGRA を成功へと導き、重力波観測国際ネットワークに参加する。また本事業の終了後も中核的な国際研究交流拠点として継続的な研究交流を行い、重力波天文学のさらなる発展を目指していく。

5-2. 平成27年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

(1) アメリカの LIGO は現在、第2世代検出器 (Advanced LIGO) のインストレーションを終え、装置のコミッショニングを行っているところである。KAGRA と Advanced LIGO には、レーザー技術、干渉計技術、制御システム、データ取得システムなど共通技術が多く、お互いの優れた点や経験を共有することにより、それぞれの装置の信頼性や完成度が高まることが期待できる。これらに関する共同研究を、主に双方向の研究者交流により継続していく。また、第3世代技術の開発に関しても、KAGRA の特に低温技術や量子雑音についての共同研究を継続して行っていく予定である。(2) ヨーロッパのドイツ、英国、イタリア、オランダ、そして今年度から相手国として新たに追加されたフランスでは第3世代検出器 ET の準備研究が進められている。これらの研究者と第3世代技術を中心とする共同研究を双方向の人材交換により引き続き行っていく。イタリアの第2世代検出器 Advanced Virgo は現在、一部の装置のインストレーションが終わったところであり、彼らとの間でインストレーション・コミッショニングに関する研究者交流も行う。(3) アジア・オセアニア地域の各国の研究者を、KAGRA に本格的に参加していただくよう引き続き努力していく。韓国については、強固な研究協力体制のもと双方向の研究者交流により行っていく。特に KAGRA で実際に使うものの開発に力を入れる。中国に関しては、主に大学院生を日本に招へいすることにより共同研究を進める。台湾に関しては、ミニワークショップを台湾で開き、より多くの研究者に KAGRA に参加していただく。オーストラリアについては、新たな共同研究の項目を決めそれに関する共同研究を開始する。ベトナム・インドに関しても、具体的な研究交流項目を決定し共同研究を開始する。

<学術的観点>

KAGRA は現在、装置のインストレーションが行われており、今年度中には第一段階の Initial KAGRA のコミッショニングを行い、これを動作させ、1か月間の観測を行う予定である。そこで(1) 先行するアメリカの LIGO グループから、引き続きインストレーション・コミッショニングの手順や特に気を付けるべき点などを学び、その経験を KAGRA に応用することにより、第1段階の装置のコミッショニングをスムーズに行うことが期待できる。(2) 第3世代検出器にとっては、『地下設置による地面振動や重力場雑音の低減』、『低温鏡による熱雑音の低減』が必要不可欠の技術であることから、KAGRA の当該技術に関する共同研究を、主に双方向の研究者交流により行う。これにより、KAGRA の地下および低温の技術をより確かなものにするのができ、第2段階の装置である baseline KAGRA の設計をより信頼性の高いものにするのが可能となる。特に前年度にコンポーネントレベルでの開発が行われた低温懸架システムに関してはプロトタイプを用いた統合

的テストを行う予定であり、これに関しても共同研究を行う。また、KAGRA で得られた結果を ET 側にフィードバックすることにより ET に必要な技術をより成熟させることができる。さらに、(3) アジア・オセアニア地域の各国の研究者に、initial KAGRA で使うサブシステムの開発を担当していただいたり、baseline KAGRA に関する開発に参加していただいたり、実際の現場で KAGRA のインストラクション、コミッショニングに参加していただいたりすることにより、装置の建設を迅速に進めていく。

<若手研究者育成>

(1) 若手研究者、特に大学院生を、アメリカの LIGO グループに派遣して共同研究を行うことにより、LIGO の技術を学んでもらい、それを KAGRA の建設に役立ててもらおう。特に現在、LIGO はノイズハンティングを行っているので、その手法を学んでもらう。また、第3世代技術の開発に関する共同研究により若手の技術を高める。また、(2) ヨーロッパの研究機関からの研究者と共同研究を行うことにより、第3世代技術を習得してもらい、それを baseline KAGRA の設計に役立ててもらおう。特に、低温懸架システムの開発は非常に重要な段階であるのでこれを中心に行う。これと並行して、Advanced Virgo との間で、若手研究者の交流も行う。さらに、(3) アジア・オセアニア地域の各国の若手研究者に、KAGRA に本格的に参加していただくことにより、彼らを将来のアジア・オセアニア地域の重力波研究を担うことのできる研究者へと育てていく。特に、大学院生に将来 KAGRA に参加していただくことも視野に入れてこれを行う。

<その他(社会貢献や独自の目的等)>

本共同研究で得られた研究成果を、インターネット、一般講演会、研究機関の一般公開、新聞・雑誌などを通じて広く社会に伝えていく。

6. 平成27年度研究交流成果

(交流を通じての相手国からの貢献及び相手国への貢献を含めてください。)

6-1 研究協力体制の構築状況

(1) アメリカの LIGO グループと、KAGRA の第2世代技術および Advanced LIGO の技術やインストラクション・コミッショニングに関する共同研究を主に双方向の研究者の交流により引き続き行った。また、低温技術、量子雑音の低減などに関する第3世代技術の開発に関しても情報交換などを行った。また、LIGO の将来計画を議論するワークショップにも KAGRA の研究者が参加し、KAGRA との共同研究の議論を行った。

(2) ヨーロッパの第3世代検出器 ET 開発グループと KAGRA の第3世代技術を中心とする共同研究を引き続き行った。特に、12月に開催された Elites 会議(12/2-3)には ET (英・独・伊・仏・蘭)の研究者・学生含め約15名が来日し、内2名の研究者(ドイツ)は前後2-3週間日本に滞在、また別途同国より1名40日間、フランス研究者が2名各5週間滞在し低温懸架システムの開発に関する共同研究を行いました。一方、日本側の研究者・大学院生がドイツに1名6日、イタリアに2名16日、フランス、イギリス・オランダに各1名2~3日間訪問し、先方の装置などを用いて同様の共同研究を行ったりした。また、Advanced Virgo の防振システムやインストラクション・コミッショニングに関する共同研

究を引き続き行った。ドイツで行われた熱雑音に関するワークショップに KAGRA からは 7 名の大学院生と 1 名の研究者が参加し熱雑音低減に関する議論を行った。また、イタリアで行われた ET 会議にも KAGRA から数名の研究者が参加し、KAGRA と ET との共同研究に関する議論を行った。

(3) アジア・オセアニア地域の各国の研究者との KAGRA に関する共同研究を引き続き行った。特に、韓国の研究者には KAGRA に本格的に参加していただき、KAGRA の入射光学系、補助光学系、検出器の特性評価、データ解析などに関する共同研究を行った。中国からは大学院生 1 名が来日し、KAGRA の防振システムのクラックリング雑音の研究および KAGRA の防振装置のインストラクションに 3 か月間参画した。また、中国で開かれた重力波検出に関するワークショップに KAGRA の研究者が参加し、中国との今後の共同研究に関する打ち合わせを行った。さらに、データ解析に関する新たな共同研究を立ち上げた。台湾に関しては、より広い範囲の研究者に KAGRA に参加してもらうため、KAGRA に関するミニワークショップを開き、装置開発、データ解析、データ管理などの項目で共同研究を行っていくことで合意し、これを開始した。オーストラリアに関しては出射モードクリーナーの防振システムを共同開発することとなった。インドに関してはデータ解析の研究協力が行われた。ベトナムに関しては、KAGRA の研究者がハノイ大学を訪れた際、またベトナムのコーディネーターである Nguyen Quynh 氏が来日した際に共同研究に関する打ち合わせを行った。また、その際、ベトナムで KAGRA に関するワークショップを開催する可能性についても議論した。

以上の研究交流活動により、我が国と欧米の研究教育拠点機関をつなぐ持続的な協力関係をより強固なものにし、また、世界の重力波ネットワークの中核的拠点、特にアジア・オセアニア地域における研究交流拠点を構築することをさらに進めた。

6-2 学術面の成果

(1) アメリカの LIGO グループとの、KAGRA の第 2 世代技術および Advanced LIGO の技術および、インストラクション・コミッショニングに関する共同研究を行った。特に、KAGRA のハイパワー用ファラデーアイソレーターの開発を共同で行い、これを製作し、無事インストールを行い、動作の確認を行った。また、Advanced LIGO が最初の観測の前に最後の調整を行っている段階での日本側の研究者の訪問により、Advanced LIGO の各システム、例えば、入射光学システムやレーザー安定化システムなどについて彼らの経験から得られた貴重なノウハウを学ぶことで、KAGRA のコミッショニングをスムーズに行うことに役立てることができた。これらの成果として、最終的に initial KAGRA を平成 27 年度中に動作させ、試験運転をスタートさせることに成功した。逆に、KAGRA の研究者のコミッショニングに関する知識を先方の研究者と共有することで、Advanced LIGO のコミッショニングの手助けを行うこともできた。また、日本の大学院生が LIGO のサイトに 2 か月近く滞在し、LIGO の強度安定化システム等の改良を共同研究として行った。これはもちろん LIGO のためのものだが、baseline KAGRA でもそこで改良したシステムをそのまま使うことができるという意味で双方にとって非常に有益な共同研究であった。さらに、双方の検出器の

防振システムに存在するであろうクラックリング雑音やハイパワー用 EO 変調器に関する共同研究も行った。

(2) ヨーロッパの第3世代検出器 ET 開発グループと KAGRA の第3世代技術を中心とする共同研究を引き続き行った。特に、先方の研究者・大学院生が来日し、低温懸架システムの開発などに関する共同研究を行ったり、日本側の研究者・大学院生が先方を訪問し、先方の装置などを用いて同様の共同研究を行ったりした。これにより KAGRA の低温懸架システムの設計が完了し、プロトタイプテスト実験が開始された。この結果はまた、ET にとっても非常に重要な意味を持つものであった。また、Advanced Virgo の防振システムのインストレーションに参加し、そのノウハウを学び KAGRA で今後行われる予定の防振システムのインストレーションに備えた。また、ドイツで行われた熱雑音に関するワークショップに KAGRA から多くの大学院生が参加し熱雑音低減に関する議論を行い、その後の低温懸架システムの設計に役立てた。また、イタリアで行われた ET 会議にも KAGRA から数名の研究者が参加し、KAGRA と ET との共同研究に関する議論を行った。

(3) アジア・オセアニア地域の各国の研究者との KAGRA に関する共同研究を引き続き行った。特に、韓国の研究者には KAGRA に本格的に参加していただき、KAGRA の入射光学系、補助光学系、検出器の特性評価、データ解析などに関する共同研究を行った。彼らが開発したファイバーリングキャビティによる周波数安定化システムは initial KAGRA の入射光学システムに組み込まれた。また、KAGRA の鏡のアラインメントのセンサーの開発も彼らの手により行われ、その単体動作が確認された。また、検出器の特性評価に関しては、artificial neural network をベースとした非定常雑音判定手法を KAGRA に取り入れる研究、Hilbert Huang 変換を用いた非定常雑音検出手法についての共同研究、相関解析による多チャンネル解析についての共同研究などを進めた。データ解析においては、マッチドフィルター解析によってみつかるコンパクト連星合体重力波イベント候補に対して、マルコフ連鎖モンテカルロ法によってパラメータ決定精度の詳細な評価を行うためのコード開発を行った。中国からは大学院生が来日し、KAGRA の防振システムのクラックリング雑音の研究に数か月間参画し、初期のプロトタイプ実験を完了させた。彼はまた、KAGRA の防振装置のインストレーションに参加した。これにより、防振システムの理解を深めることができたとともに、KAGRA にとってもインストレーションのスピードを上げることができた。中国に関しては、共同研究として KAGRA の防振システムに存在するクラックリング雑音の低減実験のプロトタイプを構築し、性能評価を行った。台湾に関しては、KAGRA に関するミニワークショップで合意された共同研究項目についての研究が開始された。オーストラリアに関しては出射モードクリーナーの防振システムに関する共同研究がスタートした。

6-3 若手研究者育成

(1) アメリカの LIGO グループとの、KAGRA の第2世代技術および Advanced LIGO の技術を中心とする共同研究に関して、日本の大学院生がフロリダ大学や LIGO の観測所に 1~2 か月滞在し、LIGO の様々なシステムの共同研究を行った。これにより彼らは LIGO のノ

ノウハウを学び、それを KAGRA に応用することができた。

(2) ET との第3世代技術に関しては、大学院生を含めた若手研究者8名がワークショップ開催に伴い1~2週間ドイツに滞在、イタリアのET会議へ大学院生1名を1週間派遣、またET側から日本へは、フランスより若手研究者2名が2週間~2ヶ月間、ドイツより3名で2週間~1ヶ月、イギリスより2名1ヶ月、イタリアより2名1~2週間の受入を行うなど、双方向の交流による共同研究を行うことによって、低温や熱雑音に関する開発技術を習得することができた。

(3) 韓国、中国などの大学院生が、日本にて研究を行うことにより、KAGRA の技術を習得した。今後は baseline KAGRA の設計・インストレーション・コミッショニングなどへ参加して、研究に貢献することが期待できる。

6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

KAGRA の目的、方法、現状などについては、インターネットや新聞、雑誌などを通じて発信した。

6-5 今後の課題・問題点

インド、ベトナムに関してはもう少し交流を増やし共同研究を活発化する必要がある。

6-6 本研究交流事業により発表された論文等

- (1) 平成27年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 9 本
うち、相手国参加研究者との共著 3 本
 - (2) 平成27年度の国際会議における発表 1 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
 - (3) 平成27年度の国内学会・シポジウム等における発表 0 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
- (※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)
- (※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

7. 平成27年度研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成25年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名		(和文) 重力波天文学の創成			
		(英文) Establishment of gravitational wave astronomy			
日本側代表者 氏名・所属・職		(和文) 川村静児・東京大学宇宙線研究所・教授			
		(英文) Seiji Kawamura・Institute for Cosmic Ray Research・The University of Tokyo, Professor			

相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Warren JOHNSON・Louisiana State University・Professor Harald LUECK・Max Planck Society・Senior Researcher Sheila ROWAN・University of Glasgow・Professor Jo VAN DEN BRAND・NIKHEF・Professor Michele PUNTURO・European Gravitational Observatory・Senior Researcher David BLAIR・University of Western Australia・Professor Tai Hyun YOON・Korea University・Professor Zong-Hong ZHU・Beijing Normal University・Professor Xiang-Hua ZHAI・Shanghai Normal University・Professor Shihua CHAO・National Tsing-Hua University・Professor Sanjeev V. DHURANDHAR・Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics・Emeritus Professor NGUYEN Quynh Lan・Hanoi National University of Education・ Associate Professor Gianpietro CAGNOLI・Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)・Professor	
参加者数	日本側参加者数	93名
	(米国) 側参加者数	26名
	(ドイツ) 側参加者数	14名
	(英国) 側参加者数	14名
	(オランダ) 側参加者数	20名
	(イタリア) 側参加者数	24名
	(オーストラリア) 側参加者数	7名
	(韓国) 側参加者数	30名
	(中国/北京) 側参加者数	16名
	(中国/上海) 側参加者数	8名
	(台湾) 側参加者数	10名
	(インド) 側参加者数	18名
	(ベトナム) 側参加者数	6名
	(フランス) 側参加者数	5名

27年度の研究交流活動	<ol style="list-style-type: none"> 1. Advanced LIGO への研究者の派遣、特に若手研究者（大学院生を含む）を1か月以上の期間にわたり派遣した。また、第3世代検出器に関する共同研究も行った。 2. ET との研究者の双方向交流による第3世代検出器に関する共同研究を行った。また、Advanced Virgo への研究者の派遣も行った。 3. 韓国との KAGRA で使うシステムや手法に関する共同研究を行った。 4. 中国の大学院生を招へいし主に baseline KAGRA に関する共同研究を行った。 5. 台湾の研究者に KAGRA に参加していただき具体的な共同研究項目を決め、それを開始した。 6. オーストラリアとの新たな共同研究項目を決めそれを開始した。 7. インド・ベトナムとの具体的な共同研究項目を決めそれを開始した。 8. 重力波に関する国際会議での成果発表を行った。
27年度の研究交流活動から得られた成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. Advanced LIGO への研究者の派遣により、initial KAGRA のインストレーション・コミッショニングがスムーズに行われ、これを完了し、試験運転を開始した。 2. ET 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より信頼性の高い設計を確立し、プロトタイプ実験を開始した。 3. 韓国との共同研究により initial KAGRA のインストレーション・コミッショニングを加速した。また、baseline KAGRA に関しても多くの領域で成果が得られた。 4. 中国との共同研究によりクラックリング雑音に関するプロトタイプ実験を完了した。 5. 台湾との共同研究の立ち上げにより KAGRA の参加者が増加した。 6. オーストラリア・インド・ベトナムとの共同研究により KAGRA 全般の技術の底上げが行われた。 7. 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）の1か月以上の期間にわたる招へいし、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った。 8. 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した。

7-2 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8回韓国日本 KAGRA ワークショップ」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “8th Korea-Japan Workshop on KAGRA”
開催期間	平成27年6月27日 ～ 平成27年6月27日 (1日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 韓国、光州、518 教育館
	(英文) South Korea, Gwangju, 518 Gyoyukgwang
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 川村静児・東京大学宇宙線研究所・教授
	(英文) Seiji Kawamura・Institute for Cosmic Ray Research・The University of Tokyo・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Hyung Mok Lee・Seoul National University・Professor

参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 (韓国)	
	A.	B.
日本 〈人/人日〉	A.	8/ 16
	B.	
韓国 〈人/人日〉	A.	13/ 13
	B.	5
〈人/人日〉	A.	
	B.	
合計 〈人/人日〉	A.	21/ 29
	B.	5

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	韓国との間でのワークショップは日本学術振興会の「韓国との共同研究」のプログラムや拠点形成事業により過去7回行われてきた。本セミナーはそれを継続するものであり、その目的はこれまでに行われた共同研究（周波数安定化、チルトセンサーの開発、データ解析、検出器特性評価など）の発表をし、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ことである。さらに、これまでのまた今後の韓国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。	
セミナーの成果	本ワークショップの開催により、韓国との共同研究をより一層進めることができた。たとえば、韓国の研究者が開発したファイバーリングキャビティを用いた周波数安定化システムは initial KAGRA で使われた。また現在韓国の研究者が開発中のチルトセンサーについても、満足すべき実験結果が得られた。また、データ解析、検出器特性評価などにおいても韓国グループは KAGRA の研究推進にとってなくてはならない存在となっている。これらのことから、本セミナーの開催が KAGRA の成功に大いに寄与したと考えられる。また、本セミナーにより韓国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った。	
セミナーの運営組織	日本と韓国から数名出し合い、Scientific Advisory Committee (SAC)と Scientific Organizing Committee (SOC)を組織した。プログラムなどの設定は SOC が中心になって行った。また、会場等の担当は韓国側研究者数名による Local Organizing Committee (LOC)が行った。	
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 渡航費・国内旅費 金額 37,245 円
	(韓国)側	内容 韓国研究者の自国内交通費・会議開催費用
	()側	内容

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4回 ELiTES 全体会議」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “ELiTES: 4th general meeting”
開催期間	平成27年12月2日 ~ 平成27年12月3日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、東京、東京工業大学(12/2) および欧州連合代表部(12/3)
	(英文) Japan, Tokyo, Tokyo Institute of Technology (12/2) and Delegation of the European Union to Japan, Europa House (12/3)
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 宗宮健太郎・東京工業大学・准教授
	(英文) Kentaro Somiya, Tokyo Institute of Technology, Associate Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)	備考
日本 〈人/人日〉	A.	19/ 38	
	B.	3	
ドイツ 〈人/人日〉	A.	2/ 2	
	B.		
英国 〈人/人日〉	A.	5/ 10	
	B.		
オランダ 〈人/人日〉	A.	2/ 4	
	B.		
イタリア 〈人/人日〉	A.	5/ 10	
	B.		
フランス 〈人/人日〉	A.	1/ 2	
	B.	1	
合計 〈人/人日〉	A.	34/ 66	出張期間は渡航・ 帰国日除く
	B.	4	

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）

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	<p>第3世代検出器 ET にとっては、『地下設置による地面振動や重力場雑音の低減』、『低温鏡による熱雑音の低減』が必要不可欠の技術であることから、KAGRA の当該技術に関する共同研究を、主に双方向の研究者交流により行っている。本セミナーではこれらの共同研究の成果発表を行い、また今後の方針について議論する。特に前年度にコンポーネントレベルでの開発が行われた低温懸架システムに関して、今年度はプロトタイプを用いた統合的テストを行う予定であり、これに関しても共同研究の途中経過の報告をし、それに関して詳しい議論をし、今後の進め方を決めていく。また、これら KAGRA で得られた結果を ET 側にフィードバックすることにより ET に必要な技術をより成熟させる。</p>							
セミナーの成果	<p>本セミナーでの議論を通して、KAGRA で必要な『地下設置による地面振動や重力場雑音の低減』、『低温鏡による熱雑音の低減』に関する技術がよりよいものとなり、KAGRA を進めていく上で大きな手助けとなった。特に、低温懸架システムのプロトタイプを用いた統合的テストに関しては、KAGRA 成功のカギを握る技術であることから、この技術をより完成度の高いものにするにより、KAGRA の成功の可能性を一段と高める事ができた。また、これら KAGRA で得られた結果を ET 側にフィードバックすることにより ET 実現の可能性を高める事にもつながった。</p>							
セミナーの運営組織	<p>本セミナーは、EGO, ICRR, AEI 等など日欧 10 研究所で構成される、低温重力波検出器の開発を目的とした ELiTES プロジェクトの参加者が日本に集まって行われた。日程調整やプログラム策定など、セミナーの運営は、EGO の Michele Punturo 氏を中心とした ELiTES coordination committee が行なった。2 日間の開催のうち一日は欧州連合代表部の Alberto Mengoni 氏の協力のもと、代表部にて開催され、もう一日は東京工業大学本館のセミナー室にて開催された。受付業務等のサポートは東京大学宇宙線研究所の事務員が行なった。</p>							
<p>開催経費 分担内容 と金額</p> <p>18</p>	<p>日本側</p>	<table border="1"> <tr> <td>内容 国内旅費</td> <td>金額 54,052 円</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>55,084 円</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>109,136 円</td> </tr> </table>	内容 国内旅費	金額 54,052 円	その他	55,084 円	合計	109,136 円
	内容 国内旅費	金額 54,052 円						
	その他	55,084 円						
	合計	109,136 円						
	<p>(ドイツ) 側</p>	<p>内容 ドイツ研究者の海外旅費</p>						
	<p>(英国) 側</p>	<p>内容 英国研究者の海外旅費</p>						
<p>(オランダ) 側</p>	<p>内容 オランダ研究者の海外旅費</p>							
<p>(イタリア) 側</p>	<p>内容 イタリア研究者の海外旅費</p>							
<p>(フランス) 側</p>	<p>内容 フランス研究者の海外旅費</p>							

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

該当なし

7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

該当しない。

8. 平成27年度研究交流実績総人数・人日数

8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	回 期	日本	米国	ドイツ	英国	台湾	インド	ベトナム	フランス	合計
日本	1		4/ 32 (15/ 98)	1/ 6 ()	()	()	()	1/ 4 ()	()	8/ 52 (29/ 185)
	2		5/ 80 ()	8/ 88 ()	()	()	()	1/ 8 (1/ 8)	(1/ 5)	18/ 191 (12/ 93)
	3		(2/ 49)	()	1/ 2 ()	3/ 9 (1/ 3)	()	()	1/ 2 ()	8/ 32 (3/ 52)
	4		4/ 77 ()	()	()	()	()	()	(1/ 27)	8/ 100 (2/ 32)
	計		13/ 189 (17/ 147)	9/ 94 (0/ 0)	1/ 2 (0/ 0)	3/ 9 (1/ 3)	0/ 0 (0/ 0)	2/ 12 (1/ 8)	1/ 2 (2/ 32)	40/ 375 (46/ 382)
米国	1	(15/ 100)		()	()	()	()	()	()	0/ 0 (23/ 159)
	2	(3/ 13)		()	()	()	()	()	()	0/ 0 (3/ 13)
	3	(2/ 18)		()	()	()	()	()	()	0/ 0 (2/ 18)
	4	(3/ 32)		()	()	()	()	()	()	0/ 0 (8/ 42)
	計	0/ 0 (23/ 163)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (36/ 232)
ドイツ	1	(2/ 10)	(7/ 38)		()	()	()	()	()	0/ 0 (13/ 76)
	2	()	()		()	()	()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	(3/ 34)	()		()	()	()	()	()	0/ 0 (3/ 34)
	4	()	(5/ 25)		()	()	()	()	()	0/ 0 (10/ 35)
	計	0/ 0 (5/ 44)	0/ 0 (12/ 63)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (26/ 145)
英国	1	()	(17/ 86)	()		()	()	()	()	0/ 0 (21/ 119)
	2	(1/ 5)	()	()		()	()	()	()	0/ 0 (1/ 5)
	3	(5/ 22)	()	()		()	()	()	()	0/ 0 (5/ 22)
	4	(2/ 62)	(5/ 25)	()		()	()	()	()	0/ 0 (12/ 97)
	計	0/ 0 (8/ 89)	0/ 0 (22/ 111)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (38/ 243)
台湾	1	()	()	()	()		()	()	()	0/ 0 (1/ 33)
	2	()	()	()	()		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()	()	()		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4	4/ 28 ()	(1/ 5)	()	()		()	()	()	4/ 28 (1/ 5)
	計	4/ 28 (0/ 0)	0/ 0 (1/ 5)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	4/ 28 (2/ 38)
インド	1	3/ 20 (1/ 5)	(2/ 4)	()	()	()		()	()	3/ 20 (7/ 44)
	2	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4	()	(3/ 15)	()	()	()		()	()	0/ 0 (3/ 15)
	計	3/ 20 (1/ 5)	0/ 0 (5/ 19)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	3/ 20 (10/ 59)
ベトナム	1	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	2	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4	(1/ 8)	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (1/ 8)
	計	0/ 0 (1/ 8)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (1/ 8)
フランス	1	(2/ 40)	(5/ 26)	()	()	()		()	()	0/ 0 (8/ 73)
	2	()	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	(3/ 22)	()	()	()	()		()	()	0/ 0 (3/ 22)
	4	(1/ 38)	(2/ 10)	()	()	()		()	()	0/ 0 (6/ 54)
	計	0/ 0 (6/ 100)	0/ 0 (7/ 36)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (17/ 148)
合計	1	4/ 26 (22/ 166)	4/ 32 (61/ 326)	1/ 6 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 4 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	12/ 78 (130/ 866)
	2	2/ 12 (6/ 28)	5/ 80 (0/ 0)	8/ 88 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 8 (1/ 8)	0/ 0 (1/ 5)	18/ 203 (18/ 121)
	3	1/ 89 (24/ 144)	0/ 0 (2/ 49)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 2 (0/ 0)	3/ 9 (1/ 3)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 2 (0/ 0)	9/ 121 (27/ 196)
	4	9/ 54 (14/ 203)	4/ 77 (38/ 190)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (1/ 27)	17/ 154 (75/ 467)
	計	16/ 181 (61/ 539)	13/ 189 (101/ 616)	9/ 94 (0/ 0)	1/ 2 (0/ 0)	3/ 9 (1/ 3)	0/ 0 (0/ 0)	2/ 12 (1/ 8)	1/ 2 (2/ 32)	40/ 375 (46/ 382)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・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。

8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
2/ 5 (197/ 621)	4/ 8 (132/ 413)	11/ 25 (112/ 346)	3/ 5 (146/ 529)	20/ 43 (587/ 1909)

9. 平成27年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	1,727,642	
	外国旅費	10,907,506	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	34,682	
	その他の経費	938,353	
	外国旅費・謝 金等に係る消 費税	891,817	
	計	14,500,000	
業務委託手数料		1,450,000	
合 計		15,950,000	

10. 平成27年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成27年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
米国	61,520 [ドル]	6,710,000 円相当
ドイツ	13,150 [ユーロ]	1,630,000 円相当
英国	24,040 [ユーロ]	2,980,000 円相当
オランダ	5,730 [ユーロ]	710,000 円相当
イタリア	14,680 [ユーロ]	1,820,000 円相当
オーストラリア	2,940 [ドル]	250,000 円相当

韓国	6,600 [ドル]	720,000 円相当
中国／北京	1,650 [ドル]	180,000 円相当
中国／上海	460 [ドル]	50,000 円相当
台湾	147,359 [NT ドル]	500,000 円相当
インド	234,680 [ルピー]	386,000 円相当
ベトナム	1,100 [ドル]	120,000 円相当
フランス	13,955 [ユーロ]	1,730,000 円相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。