

様式1【公表】

「頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム」  
平成29年度事後評価資料（実施報告書）

整理番号	R2603		関連研究分野 (分科細目コード)	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理（ 理論）（4901）
補助事業名 (採択年度)	加速膨張宇宙を解明する超弦理論の数学的構築と観測による検証 (平成26年度)			
代表研究機関名	東京大学			
代表研究機関以外の協力機関	なし			
主担当研究者氏名	村山 斉			
補助金支出額	(平成26年度) 32,396,093円	(平成27年度) 40,933,440円	(平成28年度) 40,989,243円	(合計) 114,318,776円
(公募応募当初の「事業計画調書」に記載の) 若手研究者の 派遣計画	(平成26年度) 2人	(平成27年度) 7人 (2人)	(平成28年度) 8人 (7人)	(合計) 8人
若手研究者の 派遣実績	(平成26年度) 2人	(平成27年度) 7人 (2人)	(平成28年度) 7人 (7人)	(合計) 7人
(公募応募当初の「事業計画調書」に記載の) 研究者招へい計画	(平成26年度) 1人	(平成27年度) 8人 (1人)	(平成28年度) 6人 (1人)	(合計) 13人
研究者の 招へい実績	(平成26年度) 6人	(平成27年度) 14人 (5人)	(平成28年度) 8人 (4人)	(合計) 19人

(参考)

派遣期間が300日未満となり、最終的に若手派遣研究者派遣実績のカウントから除外された者(外数)	(平成26年度) 1人	(平成27年度) 1人 (1人)	(平成28年度) 1人 (1人)	(合計) 1人
-------------------------------------------------	----------------	------------------------	------------------------	------------

## 様式1【公表】

### 1. 派遣・招へいによる人的交流を通じて得られた成果の達成状況

#### (1) 事業計画調書に記載した到達目標

(事業計画調書(3-(2))に記載した「研究課題を海外の研究グループと共同して行うことにより、国際研究ネットワークの強化・拡大に関して客観的な指標に基づく到達目標」)

Kavli IPMUでは、加速膨張宇宙の謎を解明するために、数学と物理学が連携し超弦理論の構築を目指している。また、ニュートリノ実験やすばる望遠鏡による精密な宇宙観測によって、加速膨張の手掛かりを探っている。数学、超弦理論、素粒子実験、天文観測が連携し宇宙の謎に迫る世界に類を見ない研究機関であり、その構成メンバーを本プログラムによって海外へ長期派遣するとともに海外から長期に招聘を行うことで、宇宙の謎に挑む国際共同研究の中核となることを目指す。

**数学**からは、**戸田、松本、池田**の3名を長期派遣し、超弦理論に触発された新たな数学的定理が産み出されることを目標とする。**戸田**は、超弦理論に関わる数学を進展させている米国・コロンビア大学(※事業期間中にマサチューセッツ工科大学へ異動)の**Davesh Maulik**氏の研究グループと共同研究を行う。**松本**は、当初派遣を予定していた阿部に変わり、超弦理論と、欧州で盛んに研究されている数論幾何学との架け橋を作ることを目的として、フランスの**Jussieu**数学研究所**Jan Nekovar**氏のもとへ派遣する。**池田**は、弦理論の数学的基礎づけからその応用までの研究を幅広く行っているカナダのペリメーター理論物理学研究所に派遣し、共同研究を進める。当初派遣を予定していた**Todor Milanov**と北米・ノースカロライナ州立大学などとの共同研究は、招へいを主にした交流とする。

**理論物理学**からは、超弦理論における3次元理論の性質(ラグランジアン、粒子のスペクトラム、真空のモジュライ、変形の自由度など)の解明を目標に、**山崎**らをプリンストン高等研究所へ長期派遣する。

**素粒子実験**からは、11か国にまたがる59の研究機関に所属する約400人の研究者からなる国際共同実験**T2K**実験(Tokai to Kamioka:茨城県東海村にある**J-PARC**からニュートリノを照射し、295km離れた岐阜県神岡鉱山にある**Super-Kamiokande**で捉え、ニュートリノ振動現象を精密に測定する実験)で解析グループのリーダーに選ばれている**ハーツ**を、カナダの**TRIUMF**研究所へ長期派遣しネットワークの強化を図る。

また、もうひとつの国際共同実験**Belle II**実験(粒子加速器**SuperKEKB**を使って電子と陽電子を加速衝突させ、そこからB中間子のペアやタウ粒子のペアを作り出し、その粒子崩壊の様子と素粒子標準理論が予測する粒子崩壊の様子との不一致を精密に調べることで、新物理学を追究する。世界23カ国の地域から94の大学・研究機関に属する500名を超える研究者が参加(2013年9月時点)し、建設・データ収集および物理解析を共同で推進する。本格的な実験開始は2018年末からを予定している。)では、担当研究者の**樋口**が中心となり、インド・タタ研究所(TIFR)の研究者をKavli IPMUへ長期間招聘し、検出器の製作を協働で行なう。

**すばる望遠鏡による宇宙観測**からは、ハワイにあるすばる望遠鏡に搭載される新しい撮像装置(Hyper Suprime Cam:国立天文台、米国プリンストン大学、台湾との共同研究)を使用して世界で最も高い精度の観測を行うことを到達目標とし、遠方超新星の観測や観測データの処理技術において先行研究のある世界の研究機関へ**鈴木**を長期派遣する。

また、海外の研究グループとの共同研究の成果は、世界的に評価のある論文誌や国際会議での発表を行うとともに、分野融合型のワークショップや合同シンポジウムの形式で欧・米・アジアで開催しておこうなうことにより、さらなる国際研究ネットワークの強化・拡大を志向してゆく。

#### (2) 上述の到達目標に対する達成状況の自己評価とその理由

##### 【自己評価】

- 期待を上回る成果を得た
- 十分に達成された
- おおむね達成された
- ある程度達成された
- ほとんど達成されなかった

様式1【公表】

【理由】

当初予定では、全事業期間中に8名の若手研究者派遣をおこなう予定であったが、H28年度の途中にハーツの長期海外派遣が難しくなったため、計画を変更し、担当研究者（准派遣者）として事業への参加を継続することとなった。そのほかの派遣者は予定通り300日以上派遣日数を達成し、結果として**7名の派遣を完遂することができた**。なお、そのうち3名は准教授クラスの研究者である。

また、招へいに関しては、当初計画では13名を予定していたが、最終的に**19名の研究者招へいを実現した**。なかでも本事業研究費により、1990年度のフィールズ賞受賞者であるEdward Witten氏（プリンストン高等研究所教授）の招へいを実現し、Kavli IPMUの若手研究者らと研究討議の場を設けることができたことは大きい。国際共同実験Belle IIでは、連携機関のTIFRから2名の若手研究者を各事業年度とも定期的なサイクルで招へいし、協働により高精度の検出器（SVDラダー）を作成する技術を確認し、目標としていたラダーの量産を開始することに成功している。そのほかの招へい者らも資料2の(6)に詳述するようにそれぞれの国際共同研究推進において重要な研究討議を行い、セミナー講演にて多くのKavli IPMU研究者に示唆を与え、共著論文を執筆するなど成果を上げている。

2年半の事業期間中に本事業による成果として学術誌に発表された論文は**47編**（うち派遣者・准派遣者によるものは**38編**）にのぼり、そのうち**連携機関との国際共著論文は27編（同19編）、他の機関との国際共著論文は12編（同10編）**を数える。このほかにも、プレプリントサーバーに投稿中の論文（特に数学は投稿から学術誌掲載までに数ヶ月から数年を要する場合がある）や、現在、進行中の論文も複数ある。なかでも、派遣者である山崎が派遣先連携機関のEdward Witten氏やKevin Costello氏（ペリメータ研究所・教授）と進めている可積分系の論文は、このテーマが伝統的に数学と理論物理学の交流としてもっとも成功をおさめてきた分野のひとつであることから、新たな融合の成果が生まれることが期待されており、その完成が待たれている。

	H26年度	H27年度	H28年度
1. 学術誌発表論文数	<b>4 (4)</b>	<b>23 (18)</b>	<b>20 (16)</b>
うち国際共著論文数	4 (4)	18 (13)	17 (12)
2. 国際会議等発表数	<b>5 (5)</b>	<b>21 (18)</b>	<b>38 (38)</b>
うち国際共同発表数	5 (5)	3 (3)	2 (2)

※ ()内の数値は派遣者・准派遣者による成果

国際会議などでの発表数は**64件**（うち派遣者・准派遣者によるものおよび主要な役割を果たしたものは**61件**）を数え、**連携機関との国際共同発表は9件（同9件）、その他の研究機関との国際共同発表は1件（同1件）**である。他にも派遣者らによって国内外の大学でのサマースクール講演やセミナー講演なども多数行われた。これらは、本事業に参加した研究者らがいかに熱心に国際共同研究を進め、国際的な研究者ネットワークの構築・強化につとめ、積極的に研究成果を発表してきたかを示している。

また、派遣研究者・准派遣者らが中心的な役割を担い、事業期間中にKavli IPMUにおいて開催した**国際ワークショップ等**は、以下の通り**11件**を数え、国内外から**650名**を超える研究者を惹きつけ、**Kavli IPMUのプレゼンスを高めることに貢献した**。

1. Kavli IPMU - RIKEN iTHES - Osaka TSRP symposium "Frontiers of Theoretical Science: Matter, Life and Cosmos", 2014/11/6, (Organizes : Simeon Hellermanほか)
2. "String Theory in Greater Tokyo", 2015/1/19, (Organizers : Simeon Hellerman, 山崎雅人ほか)
3. "6th Open Meeting for Hyper-Kamiokande Project", 2015/1/28-31, (Organizers : Mark Hartzほか)
4. "NuPRISM Meeting", 2015/2/1, (Organizer : Mark Hartz)
5. "NuPRISM Workshop", 2015/3/16-25, (Organizer : Mark Hartz)
6. "International Workshop on Condensed Matter Physics & AdS/CFT", 2015/3/25-29, (Organizers : 山崎雅人ほか)
7. "PhyStat-v Workshop on Statistical Issues in Experimental Neutrino Physics", 2016/5/30-6/1, (Organizers : Mark Hartzほか)
8. "IGM Tomography WS 2016 at Kavli IPMU", 2016/08/29-31 (Organizers : 鈴木尚孝ほか)
9. "Resurgence at Kavli IPMU", 2016/12/12-16, (Organizers : Simeon Hellerman, 山崎雅人ほか)

## 様式1【公表】

10. “Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations-”, 2017/3/21-23, (Organizers : 戸田幸伸、山崎雅人 )
11. “Practical Statistics for Particle Physics Analyses”, 2017/3/27-29, (Organizer: Mark Hartz )

なかでも本事業の締めくくりとしてH29年3月に開催した“Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations -” (2017/3/21-23, 共催 : 戸田幸伸、山崎雅人) は、マサチューセッツ工科大学、ハーバード大学、プリンストン高等研究所などの連携研究機関からの本事業を通じ研究上の交流を深めた研究者たちの参加に加え、韓国やスウェーデンからも参加があり、国内外の数学や理論物理学の若手研究者を中心に、分野間の垣根を超えた超弦理論の数学的構築に寄与する活発な議論が交わされた。この国際会議を機に新たな共同研究も生まれている。この様子は、Kavli IPMUの季刊広報誌Kavli IPMU NEWS No.37誌面上に、戸田の執筆によりWorkshop Reportとしてまとめられ、世界各国200を超える大学や研究機関などに配布されている。

なお、派遣日数は規定の300日に満たなかったものの（事業期間内の合計288日）、その後もハーツは担当研究者として本事業の推進につとめ、長期派遣が困難になったH28年度には連携機関から前置検出器の開発に関わる研究者らの招聘を行い、また、一回当たり60日以上という派遣基準には満たない期間ではあったが、自らも可能な限り連携機関を訪れるなどして相互交流を図ることで海外研究機関と密な連携を継続し、後述するようにT2K実験において卓越したリーダーシップを発揮した。

以上のことから、**上述の達成目標は十分に達成された**と自己評価している。

2. 国際共同研究課題の到達目標及びその達成状況

(1) 事業計画調書に記載した国際共同研究課題の研究目的及び到達目標

(事業計画調書(3-(2))に記載した国際共同研究課題の研究目的及び到達目標(「研究の学術的背景」及び「当該研究領域における本研究課題の学術的な特色や独創的な点、及び事業期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか、到達目標とその検証方法」))

**数学**では、加速膨張宇宙の解明に対し、数学・数理論理学からのアプローチを一步進めることを目標とする。日本の数学界は伝統的に代数多様体の分類理論が非常に強いが、超弦理論に関わる代数幾何学の研究では世界に遅れを取っている状況にある。古典的代数幾何学や接続層の導来圏の研究で日本数学会幾何学賞も受賞している戸田は、超弦理論に関わる数学を進展させているコロンビア大学(※受入研究者が事業期間中にMITに異動したため、実際の滞在はMITが主となっている)の研究グループと共同研究を行い、特に超弦理論におけるBPS状態の数え上げに対応するDT不変量の様々な性質を証明することを目指す。この共同研究の成功は、超弦理論に触発された新たな数学的定理を産み出されることにつながる。これは超弦理論の数学的構築に寄与することとなり、結果として宇宙の解明に繋がることを意味している。松本は、Jussieu数学研究所のグループと共同研究を行いフランス・パリで盛んに研究されている数論幾何学と超弦理論との懸け橋を作る。池田は、ペリメーター研究所にて、場の量子論の数学的な基礎づけに関する研究を進める。Milanovは招へい研究者らと数学と超弦理論の双方にとって重要な研究課題Gromov-Witten不変量の研究を進める。

**理論物理学**では、素粒子メダル奨励賞を受賞している山崎らを米国に派遣し、超弦理論の考え方とそれに密接に関連して育まれた数学の融合的研究を推進する。理論物理学においては場の理論を高次元の膜(ブレーン)を使って実現することができ、場の理論の性質をブレーンの巻きつく幾何の数学に翻訳することができる。これは伝統的な場の理論とは全く異なった新たなアプローチである。超弦理論の数理論理的側面について研究者の層が厚く世界の研究活動の中心であるオックスフォード大学、プリンストン高等研究所、スタンフォード大学、カリフォルニア工科大学、及びハーバード大学の研究者と協力して、より具体的には上記及び関連した問題について、平成28年度以内にプリンストン高等研究所の研究者と共著論文を発表することを目標にする。

**素粒子実験**では、2つの国際共同実験(T2K、Belle II)を推進する。T2Kでは、測定器・検出器開発を中心的に行っているカナダのグループに若手研究者を派遣し、ネットワークの強化を図り、Belle IIでは、連携機関から研究者を招へいし、Kavli IPMUのグループが中心となって進めている加速器実験衝突点近辺の測定器製作をインドのグループと協働で進める。2つの大型国際共同実験において強固な国際協力体制の構築を図り、Kalvi IPMU研究者がリーダーシップを発揮することを目標とする。

**すばる望遠鏡による宇宙観測**では、すばるHSCを用いて「暗黒エネルギー」の性質を解き明かすため日本の技術(例えば、浜松ホトニクス(株)によるCCD、キャノン(株)のレンズなど)を結集し、世界で最も高い精度の観測を行うことを到達目標とする。遠方超新星の観測や観測データの処理技術において先行研究のある世界の研究機関へ鈴木を長期派遣し、世界の研究機関の叡智を結集させた上で、国際共同研究であるHSCの広域観測にてリーダーシップを発揮できる人材として育成することを目的とする。

(2) 上述の到達目標等に対する達成状況の自己評価とその理由

【自己評価】

- 期待を上回る成果を得た
- 十分に達成された
- おおむね達成された
- ある程度達成された
- ほとんど達成されなかった

【理由】

**数学**では、計画通り戸田、松本、池田の3名が派遣者として300日以上派遣日数を満たすことができ、それぞれに多くの

成果をあげている。戸田はマサチューセッツ工科大学のDavesh Maulik氏のもとに滞在し、Gopakumar-Vafa不変量 (GV不変量) に関する研究を行い、国際共著論文を完成させ、学術誌に投稿している ((5)若手研究者の派遣実績参照)。Maulik氏との共同研究は超弦理論に触発された数学理論の定式化および予想の部分的証明であり、超弦理論との融合という点でも大きな成果を上げたとも言える。そして、GV不変量とDT不変量の比較は、DT不変量の研究においても重要な課題であり、事業計画書作成時にあげたDT不変量に関する様々な性質の証明という目的も達成されたといえる。

また、松本や池田もそれぞれの派遣先の恵まれた研究環境を活かし、派遣先や近傍の研究所で開催されたセミナーや研究会に積極的に参加し、若手研究者との交流をひろげ着実にネットワークを構築できた。今後は、それぞれの科研費を用いて、相互交流を継続していく。研究面において、松本はK3曲面の数論幾何学的性質について研究を大きく進め、論文にまとめ上げ、名古屋大学に特任助教の職を得て帰国したのちには国内外のセミナーや研究会で成果発表を行っている。池田も、派遣先のKevin Costello氏やその学生たちと議論を交わすことで、弦理論や場の理論の数学的な理解について研究を進め2本の論文を書き上げており、学術誌への掲載が待たれている ((5)若手研究者の派遣実績参照)。当初派遣予定であったMilanovは、H27年度にYongbin Ruan氏 (ミシガン大学) を招聘し、Landau-Ginzburg / Calabi-Yau対応についての問題点について集中議論を行い、論文にまとめプレプリントサーバーに投稿している ((6)研究者の受入実績の詳細参照)。

**理論物理学**では、当初の予定通りオックスフォード大学、プリンストン高等研究所、スタンフォード大学、カリフォルニア工科大学、及びハーバード大学へ、山崎、渡利、ヘラマンの3名の派遣を完遂した。数学の派遣者と同様、派遣先や近傍の大学・研究所に於いて開催されたセミナーや研究会に積極的に参加し刺激を受け、時には講師として話題提供を行うことにより、多いに研究者のネットワークを広げることに成功し、それぞれの得意とするアプローチから、超弦理論の考え方とそれに密接に関連して育まれた数学の、様々な次元の超対称場の理論への応用に関する研究を進めた。

渡利は、オックスフォード大学のAndreas Braun氏と共同研究を進め、ゲージ理論のモジュライ空間と幾何のモジュライ空間という数学的には極めて異なるように見えるもの間の一致を予言するヘテロ-II型超弦理論双対性に関し、国際共著論文 (資料4①論文リスト: 33) を完成している。ここでは、ヘテロ-II型超弦理論双対性対応に関する未解決問題が明らかにされ、双対性対応における離散データの対応関係の決定を体系化するプログラムを進める上で有効ないくつかの方法が開発されている。ヘラマンはカリフォルニア工科大学滞在中、量子重力理論に関する研究を進め、同時期に同大学に滞在していたIwan Swanson氏との国際共著論文を含む2編を本事業による成果として学術誌に投稿中である ((5)若手研究者の派遣実績参照)。なお、計画時に掲げていた、事業期間内にプリンストン高等研究所の研究者と国際共著論文を発表するという具体的な目標は山崎によって達成することができている (資料4①論文リスト: 31,32)。

**素粒子実験**では、ハーツが、国際共同実験T2Kにおいてニュートリノと反ニュートリノ振動のデータ解析にも成果を上げており、得られた成果を国際学会Neutrino2016にて発表し、ディラック位相に世界で最も強い制限を与える結果として素粒子実験にかかわる研究者らに大きなインパクトを与えることに成功した。また、2015年の日本人研究者のノーベル物理学賞受賞につながったSuper-Kamiokande実験の後継として計画されているHyper-Kamiokande 実験グループのWorking Group 7 (前置検出器) の代表として、連携機関と協働で検出器NuPRISMを試作し、現在、性能評価を進めている。

Belle II実験では、連携機関 (INFN PisaおよびTIFR) より研究者を招聘し、崩壊点位置検出器 (Vertex Detector, VXD) の外層を構成するシリコン崩壊点検出器・SVDラダーの開発と製作の共同研究をすすめ、協働により100 $\mu$ mのセンサー位置精度でラダーを作成する技術を確認させ、目標としていた量産ラインの稼働を実現した。そして、実際に量産を開始することに成功し、現在までにKavli IPMUグループでは量産型10本、予備のプロトタイプ1本が完成している。このまま順調にラダー作成が進めば2018年初頭には目標とする量産型20本のラダー製作がすべて完了する予定である。並行して、2017年夏ごろから作成したラダーをVXD構造体へ取り付ける作業を開始する。2018年のVXD性能試験を目標とし、目標通り2018年の終わりがら本格的に素粒子反応をとらえる実験を開始する予定である。

**すばる望遠鏡による宇宙観測**は、2014年3月より開始した5年間のプロジェクトであり、いまはまだ全体計画の途上にあるが、現段階までの観測は順調に進んでいる。2017年2月には初年度の観測データを国立天文台、Kavli IPMU、プリンストン大学、台湾ASIAAと共同で公開することができた。深宇宙探査で得られたデータの解析を効率よく進めるため、鈴木をジョンホプキンス大学 (JHU)、カリフォルニア工科大学 (Caltech) やパリ核物理素粒子物理研究所 (LPNHE) などに派遣し、共同研究の推進、国際研究ネットワークの構築および強化に成功した。観測データからの超新星検出に先行研究のあったCaltechの研究グループからは検出アルゴリズムやデータベース構造の提供を受けた。LPNHEの研究グループからは、詳細にわたる観測シミュレーションの実施に関し示唆を得た。

また、すばるHSCによる超新星探査には、世界の大規模望遠鏡による追観測が不可欠であるが、カリフォルニアのチームと協力してケック望遠鏡、ジェミニ望遠鏡による追観測時間を獲得できたことは、本事業の予想を超えた成果といえる。ま

## 様式1【公表】

た、LPNHE の研究者グループとは、さらに共同研究を発展させ、暗黒エネルギー測定のために超新星探査を行うというすばる望遠鏡の大型プロジェクトの時間を獲得し、またハッブル望遠鏡による追観測時間、欧州の大型望遠鏡 VLT による追観測時間の獲得に成功している。これにより得られたデータは現在解析中で、論文化を進めている。この新たな共同研究には本プログラム事業費によって導入することができた 2 つの波長制限装置 (HSC i2-band, HSC r2-band) による観測精度の向上が大きく寄与しており、それぞれ、2016 年 2 月、7 月より深宇宙探査に導入され、上述の派遣者の鈴木らによる暗黒エネルギー測定のための超新星探査の開始に間に合わせる事ができた。さらに鈴木は、JHU の滞在中に構築したネットワークを駆使して、JHU の研究者グループおよび近接する宇宙望遠鏡科学研究所 (STScI) の研究者グループを研究代表者として率いて共同研究計画を練り、2 度目のハッブル宇宙望遠鏡時間のプロポーザルにも成功している。

以上の事から、事業計画時の到達目標は、**目標を上回る成果を得た**と自己評価している。

### 3. 今後の展望について

これまでの実施状況を踏まえて、事業実施期間終了後の展望について記入して下さい。

- ① 自己資金、若しくは他の競争的資金等による海外派遣・招へいの機会を含む若手研究者の研鑽・育成の事業の継続（又はその見込み）状況

世界トップレベル研究所である Kavli IPMU には、若手研究者の頭脳循環のハブとしてその機能を高め、若手研究者の相互交流を促進し、国際的な評価を得られる研究成果を上げ得る人材を育成していく土壌が十分にある。また、これまでに築いてきた人的ネットワークを活かし、今後も、世界的に卓越した研究者の招へいを積極的に実施していく体制も整っている。競争的資金では、H27 年度に、本事業の主担当研究者である村山が領域代表として応募した新学術領域研究（研究領域提案型・課題名：なぜ宇宙は加速するのか？－徹底的究明と将来への挑戦－）が見事に採択された。この研究は H31 年度まで継続予定であり、資金面で上述のような若手研究者の研鑽・育成の機会を保証できる。

また、H28 年度には、松本・池田の両名が科研費若手 B に、山崎が二国間交流事業（日韓共同研究）に採択され、H29 年度にはハーツが科研費基盤 B に採択されており、本事業に参加した若手研究者自身による競争的資金の取得状況も堅調である。今後はそれらの資金による共同研究の継続も、各人の自己評価書にあるように計画されている。なお、戸田、ヘラマンはそれぞれ科研費基盤 B・C を H26 年度に獲得しており、また、山崎は科研費若手 B を H27 年度に獲得しており、それらの研究は現在も継続中である。

- ② 本事業の相手側を含む海外の研究機関との研究ネットワークの継続・拡大（又はその見込み・将来構想）状況（組織において本事業で支援した若手研究者に期待する役割も含めて）

本事業を通じ構築することのできた国際的研究ネットワークは、今後も最大限に拡大させ、研究推進のため効果的に機能させていく。特に素粒子実験や天文観測すばる HSC プロジェクトの継続的発展には国際的研究協力は不可欠である。ハーツは毎年、数回の国際ワークショップや Hyper-Kamiokande 実験の関係する各国の研究者が 100 名超参加するコラボレーション会議を Kavli IPMU に於いて主催し、既に素粒子実験分野の重要な推進力となっており、今後も牽引していくことが期待されている。天文の鈴木はその研究推進能力に加え、そのコミュニケーション能力の高さから、Caltech や LPNHE など海外連携機関からデータ解析の先行研究を収集し、すばる HSC による観測プロジェクトに迅速に反映させることができている。今後も研究ネットワークの強化とプロジェクト推進の重要な役割を期待されている。

数学、理論物理学の派遣者らは、連携機関への長期派遣によって多くの研究者と交流することで着想を得た研究をそれぞれ継続中であり、国際共著論文や数学と理論物理の融合研究も次々と生まれている。また、派遣者自らが積極的に国際ワークショップを主催し、さまざまなアプローチから数学と理論物理の融合研究の場を提供することで、その参加者と新たな国際共同研究を始めるなどネットワークの拡大がみられており、今後も派遣者らは確実に Kavli IPMU における当該分野の研究を牽引していくであろう。

- ③ 本事業で支援した若手研究者の研究人材としての将来性について

本事業による派遣者のうち戸田、渡利、ヘラマンの 3 名は、Kavli IPMU にてすでに准教授の職位にあり、それぞれの分野の中核を担ってきた。今後は、本事業を通じてさらに強化することができた海外の主要研究機関や著名研究者らとのネットワークを活かし、国際共同研究を推進し、国際会議を主催するなどして Kavli IPMU のプレゼンスを向上させていくことが期待されている。更に戸田、渡利の両名は、それぞれ東京大学大学院数理工学研究所、東京大学大学院理学系研究科にて学生指導権限ももっており、この研究成果を大学院生らにフィードバックしていくことで、継続的な卓越した国際的研究人材の育成への貢献が期待でき、将来にわたる数学、理論物理学分野研究全体の昂揚も期待できる。

そのほかの若手研究者も本事業を通じて、その研究人材としての能力の高さを大いに示した。Kavli IPMU テニユアトラック特任助教である山崎は前述のとおり、Witten 氏や Vafa 氏と共著で論文を作成中であり、これが完成・発表されれば理論物理学と数学の新たな学融合として、当該分野にかかわる全世界の研究者から関心を集めることは間違いな



## 様式1【公表】

い。また、本事業期間中に日本学術振興会二国間交流事業（日韓共同研究・研究期間 H28-29）に採択され、新たに韓国との共同研究をスタートしている。欧米の研究機関に身を置くことで、逆にアジアコミュニティにおける日本人研究者のリーダーシップ発揮という視点を得て、意欲的に戦略的な国際共同研究を進めている。同特任助教の鈴木は、すばる HSC による深宇宙観測で得られたデータを用いて、派遣先で築き上げたネットワークを最大限に生かし、国際的な研究グループを率いてハッブル宇宙望遠鏡での追観測プロポーザルに挑み、成功している。これは、日本の研究グループが中心的役割を果たして得た観測成果の新たな国際共同研究への展開として、特筆に値する成果である。派遣当時特任研究員であった松本や池田も、着実に国際的なネットワークを構築し得た。本事業終了後もそれぞれが獲得している科研費を用いて、派遣先の研究者の招へいや自身の訪問といった相互交流をはかり、ネットワークをさらに強固なものにする予定である。

このように、すべての派遣者ともに、その将来性は非常に可能性と確実性に満ちている。なお、松本は H28 年度より、特任助教へ職位をあげ名古屋大学に異動しており、戸田は、H29 年 4 月より Kavli IPMU 主任研究者に、7 月より任期の定めのないの教授に昇格している。

資料1 実施体制

① 日本側研究グループ事業実施体制

フリガナ 担当研究者氏名	所属機関	所属部局	職名 (身分)	専門分野	備考
主担当研究者 ムラヤマ ヒトシ 村山 斉	東京大学	国際高等研究所カブリ 数物連携宇宙研究機構	機構長	理論物理学	
担当研究者 カタヤマ ノブユキ 片山 伸彦	同上	同上	副機構長	実験物理学	
サイトウ キョウジ 斎藤 恭司	同上	同上	主任研究員	数学	
タカダ マサヒロ 高田 昌広	同上	同上	教授	理論物理学	
ヤスダ ナオキ 安田 直樹	同上	同上	教授	天文学	(H27.04.01追加)
ヒグチ タケオ 樋口 岳雄	同上	同上	特任准教授	実験物理学	(H26.11.04追加)
ハーツ マーク Hartz, Mark	同上	同上	特任助教	実験物理学	(H28.11.04追加)
若手研究者 トダ ユキノブ 戸田 幸伸	同上	同上	准教授	数学	
ヤマザキ マサヒト 山崎 雅人	同上	同上	特任助教	理論物理学	
ハーツ, マーク	同上	同上	特任助教	実験物理学	(H28.11.04まで)
ナギキ なおたか 鈴木 尚孝	同上	同上	特任助教	観測的宇宙論	
トドル, ミラノフ	同上	同上	特任助教	数学	(H27.04.01まで)
アベ トモキ 阿部 知行	同上	同上	特任助教	数学	(H27.04.01まで)
ヘラマン, シメオン	同上	同上	准教授	理論物理学	(H27.04.01追加)
池田 暁志	同上	同上	研究員	数学	(H28.01.20追加)
松本 雄也	同上	同上	研究員	数学	(H27.04.01追加)
渡利 泰山	同上	同上	特任准教授	理論物理学	(H27.04.01追加)
石垣 美歩	同上	同上	研究員	天文学	(H27.04.01追加 ・H28.01.20まで)

② 相手側となる海外の研究グループ（海外の連携機関）

研究機関名	相手側研究者氏名 (招へいた研究者は※印を 表示)	職名 (身分)	備考	派遣した 若手研究者氏名
IFAE バルセロナ	Federico Sanchez (※)	准教授		
Jussieu数学研究所	Pierre Schapira	教授		松本雄也
Jussieu数学研究所	Sebastiaen Bouchksom	准教授		松本雄也
Jussieu数学研究所	Jan Nekovar	教授	(H27.04.01追加)	松本雄也
スタンフォード大学	Leonard Susskind	教授	(H27.04.01追加)	ヘラマン, シメオン
OAW	Markus Friedl (※)	准教授		
TIFR	Kodali Kameshwara RAO (※)	Scientific Officer	(H26.11.04追加)	
TIFR	Sukant Narendra MAYEKAR (※)	Laboratory Assistant	(H26.11.04追加)	
TIFR	Gagan Mohanty (※)	准教授	(H26.11.04追加)	
TRIUMF研究所	Mark Scott (※)	研究員	(H28.11.04追加)	ハーツ, マーク
TRIUMF研究所	Thomas Lindner (※)	Staff Scientist	(H28.11.04追加)	ハーツ, マーク

<p>TRIUMF研究所 イタリアINFN オックスフォード大学 オハイオ州立大学 カリフォルニア工科大学 カリフォルニア工科大学 コロンビア大学 コロンビア大学/MIT ジョンズ・ホプキンス大学 ノースカロライナ州立大学 ハーバード大学 ハイデルベルク大学</p> <p>パリ・LPNHE ブリティッシュコロンビア大学 ブリティッシュコロンビア大学 プリンストン高等研究所 プリンストン大学 プリンストン大学 ペリメーター理論物理研究所 ミシガン大学 ユタ大学 ロンドン大学クイーンメアリー校 香港大学 台湾ASIAA 台湾ASIAA</p> <p style="text-align: right;">計26機関</p>	<p>Akira Konaka Francesco Forti (※) Fernando Alday Hisan-Hua Tseng Hiroshi Ooguri Shri Kulkarni Andrei Okounkov Davesh Maulik Brice Menard (※) Bojko Bakalov (※) Cumrun Vafa Norbert Christlieb</p> <p>Reynald Pain (※) Hirohisa Tanaka (※) Scott Oser Edward Witten (※) Michael Strauss Robert Lupton (※) Kevin Costello Yongbin Ruan (※) Kyle Dawson Francesca di Lodovico (※) Zheng Hua (※) Sherry Suyu (※) Yen-Ting Lin (※)</p>	<p>教授 准教授 教授 准教授 教授 教授 教授 教授 教授 助教 准教授 教授 教授</p> <p>教授・機構長 教授 准教授 教授 教授 准教授 教授 教授 助教 准教授 助教 助教 助教</p>	<p>(H28.04.01まで) (H27.04.01追加) (H29.03.08招聘中止)</p> <p>(H27.04.01招聘追加)</p> <p>(H27.04.01追加/ H28.01.20まで)</p> <p>(H27.04.01追加) (H27.04.01招聘中止)</p> <p>(H27.04.01招聘中止) (H27.04.01追加) (H28.01.20追加) (H27.04.01招聘追加) (H29.03.08招聘中止)</p>	<p>ハーツ,マーク 山崎雅人 ヘラマン,シメオン 鈴木尚孝 戸田幸伸 戸田幸伸 鈴木尚孝 山崎雅人/渡利泰山 鈴木尚孝 ハーツ,マーク ハーツ,マーク 山崎雅人 鈴木尚孝 鈴木尚孝 池田暁志</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 資料2 双方向の人的交流にかかる資料

## (1) 若手研究者の選抜方針・基準、選抜方法の概要

## ○選抜方針・基準

若手研究者の選抜にあたっては以下の4つの基準を設けた。

1. 宇宙加速膨張研究に関する強い意欲を持ち、数学、理論物理学、天文学または実験物理学の研究者であること。
2. 英語または派遣先の母国語を用いたコミュニケーション能力が高いこと。
3. 物理学の根本法則を探りたい、あるいは、人類の知的営みにおけるグランドチャレンジに携わりたいという強い情熱を持つ人であること。
4. これまでの研究において、高い評価を得ている人材であること。

以上は、基本的には重要なものから順に並べている。ただし、必ずしもこの順番に縛られることなく、非常に得点の高いポイントがあれば、順番が下位の基準でも重視した。

## ○選抜方法

派遣希望者には履歴書、研究計画、推薦書など、公募に関わる標準的な書類を提出させた後、各分野の研究担当者が面接を行った。書類と面接の結果をもとに、上述の4つの基準に関して採点を行い、担当研究者による合議制で候補を選抜した。その後、受入研究者の承諾を得て、派遣を決定した。

## (2) 派遣及び招へいの支援体制の概要

(日本側からの派遣者及び連携機関からの招へい者に対して組織としてどのようなバックアップ体制をとったかについて記載してください。)

## 【派遣者に対する支援体制】

Kavli IPMU では設立以来、所属研究者に対して「年間通算1か月以上(3か月以内)の海外渡航」を義務付けており、研究者の長期渡航支援に関して、蓄積されたノウハウがある。安全確保および危機管理として緊急事態が発生した場合の対処方法などは講習会およびe-ラーニングにより情報提供されている。また、本機構のホームページでは英語対応された情報が常に更新されており、緊急アナウンスはすべて英語に訳されて研究者に連絡がいくシステムが構築されている。

また、研究遂行上の支援に関しては、派遣者と派遣先の連携研究者に面識がなかった場合は、担当研究者が橋渡しを行い、渡航前にwebミーティングなどを通じて綿密な研究計画の打ち合わせの場を設けた。特に数学と理論物理学の融合を目的として計画したプリンストン高等研究所への派遣に関しては、事前に連携研究者であるEdward Witten教授を招へいし、担当研究者のアレンジで、派遣を予定していた山崎らと長時間にわたる対談の場を設けた(この対談は機構の季刊広報誌Kavli IPMU Newsに掲載され、その後Notice of The AMS, Volume 62, Number 5にも転載されている)。渡航前に、派遣者と受入先の連携研究者がその研究内容にとどまらず、お互いのパーソナリティ等を確認しあえたことは、その後の派遣先での共同研究の円滑な推進につながった。

## 【招へい者に対する支援体制】

Kavli IPMU は東京大学のなかでも国際高等研究所と位置付けられており、その国際性は東京大学の数ある組織の中でも群を抜いている。事務部門には約20名のバイリンガルのスタッフがおり、招へい者のビザ取得や滞在先の確保を支援した。また、社団法人科学技術国際交流センター(JISTEC)スタッフが週3日來所しており、招へい者に対して、来日中の生活全般にわたるきめ細やかな支援を提供した。研究面においては、特にBelle II実験室を土日も使用可能にするなど運用体制をよりフレキシブルに見直しし、英語マニュアルを整え、文化的背景の異なる招へい者との共同研究推進に配慮した。

## (3) 若手研究者の海外派遣計画及び研究者の招へい計画の見直し(増減)状況とその理由

## 【派遣計画】

応募時には8名の派遣を計画していたが、H28年度途中に、派遣者のハーツ特任助教が派遣者としての参加継

続を断念せざるを得ないこととなった。結果、全事業期間を通じての派遣者数は7名となっている。ハーツはその後も担当研究者として本事業に関わり、可能な限り長期派遣予定機関であった TRIUMF 研究所を訪問し、また TRIUMF 研究所からも研究者を招へいし、相互の研究交流をは深めることで素粒子実験物理学 (T2K) に関する研究は計画通りに進めることができた。

また、応募時からの変更という点では、数学の Todor Milanov と阿部知行をそれぞれ、米国のノースカロライナ州立大学、フランスの Jussieu 数学研究所へ長期派遣する予定であったが、都合により両者の長期派遣が困難となった。Milanov を派遣する代わりに連携研究者である Bojko Bakalov 氏や Yongbin Ruan 氏を招聘し Gromov-Witten 不変量の計算応用に関し集中討議を行い、計画通り研究を進めた。この成果は、国際共著論文としてプレプリントサーバーに投稿中である。また、阿部の代わりとしては、担当研究者の斎藤の推薦と研究担当者間の協議を経て、松本雄也(現・名古屋大学特任助教、派遣当時は東京大学研究員)を Jussieu 研究所へ派遣し、計画通り研究を進めた。加えて H27 年度より新たに派遣者に加わった石垣美歩の派遣が困難になったため、池田暁志をカナダのペリメーター理論物理研究所へ派遣し、数学と理論物理の融合研究部分を強化している。

#### 【招へい計画】

当初 13 名の招へいを計画していたが、10 名の増加、4 名の減少で結果として 19 名の招へいとなった。招へい予定者の Shri Kulkarni 氏および Kyle Dawson 氏は、相手先機関の公務などの都合により、来日が難しくなったが、受入予定者の鈴木が先方を訪問し、また Web ミーティングやメールなどを活用して綿密な打ち合わせを行い、共同研究を推進した。研究成果も論文にまとめることができ事業計画への支障はなかった。また、招へいを中止した Michel Strauss 氏と Scott Oser 氏に関しては、それぞれ派遣者の鈴木と准派遣者のハーツが訪問することで予定通り共同研究を遂行した。増加した分の招へい者に関しては、それぞれ数学、理論物理学、実験物理学の専門家を当機構へ招聘し、共同研究の推進にあたった。

#### (4) 若手研究者が果たした役割にかかる成果の概要

##### ① 派遣された若手研究者の成果

(資料4に記載するような研

究成果の発信状況等だけではなく、国際共同研究における役割を含め、将来的に当該研究領域において中核的な役割を担う活躍が見込まれるか等の観点も含めて記載してください。)

数学や理論物理学の場合の国際共同研究は、チームで一つの目標を設定し遂行していくというのではなく、個人個人の自由な発想とつながりの中で進めていくものである。数学と理論物理学の融合研究を本事業の大きな目的としていたが、そのアプローチもゴール設定も個人の裁量に任される部分が大きい。そういう意味では、理論系研究者には、質の高い国際共同研究を進めるうえで、より一層各人がもつ研究者としての資質や研究力が問われてくる。

戸田、渡利、ヘラマンの3名は派遣当時、既に Kavli IPMU において准教授の職にあり、当該分野の中核を担ってきた。本事業によって長期間海外の研究所を研究拠点とすることの地の利を活かし、積極的に近傍の他大学・他機関でのセミナー講演を行い、交流を広げた。さらに国際的な規模の若手研究者や大学院生向けのスクールでも講師を務めるなどして実績を固め、国際的なプレゼンスを高めることに成功している。

他の3名の若手研究者の将来性も大変期待できる。山崎は(5)の派遣実績詳細に詳述するように、新しいテーマ性をもった国際 WS を意欲的に主催し、研究を発展させている。また、派遣先連携機関の研究者や国際会議などで知り合った研究者との国際共著論文を次々と発表しており、特に Witten 氏、Vafa 氏と進めている論文は完成されれば国際的な注目を得ることは間違いない。Witten 氏のようなフィールズ賞受賞者など国際的に著名な研究者と伍して研究を遂行できる能力は同年代の研究者の中でも突出しており、今後、さらなる活躍が期待されている。

松本は、研究成果を積み重ね、本事業期間中に職位を特任助教にあげて名古屋大学に異動しているが、H27 年度に集中して派遣を行ったことで、H28 年度は、国内の大学や研究機関で積極的にその研究成果の発表に努めている。

池田は、本事業の担当研究者で Kavli IPMU 主任研究者であった斎藤の強力な推薦を受けて本事業に参加し、海外研究機関にて研鑽を積むという研究者として成長していくには必要な経験を得ることができた。現在は、Kavli IPMU の数学分野における推進力になるべく、スーパーグローバル大学創成支援プログラム・Berkley-Tokyo Summer School における共同教育プログラムの実施にも尽力しており、国際的なプレゼンスを示せる研究者としての経験と実績を着実に積み重ねている。

素粒子実験から派遣されたハーツは派遣日数不足により、結果として准派遣者となったが、(5)に詳述するように派遣先機関と綿密な相互交流をはかることでNuPRISM 検出器計画においてリーダーシップを発揮して計画を推進し、T2K 実験におけるデータ解析にも優れた結果を出しており、当初の目標を十分に達成している。現在は、韓国に設置する素粒子実験装置の開発を韓国側研究グループとも進めており、今後も素粒子実験分野において国際的な中核を担うことは確実である。

すばる望遠鏡による宇宙観測では、テニユアトラック特任助教の鈴木を連携機関に派遣し、先行研究でのデータ解析手法を取り入れた新たな解析ソフトウェアを開発し、効果的にすばる HSC による深宇宙探査で得られた撮像データの解析を進めた。派遣先で交流を深めた研究者らと、新たな観測計画も組織し、ハッブル望遠鏡による追観測プロポーザルにも採択されている。本事業において鈴木が滞在したジョンズ・ホプキンス大学(JHU)やカリフォルニア工科大学、プリンストン大学は、すばる HSC の次期装置・Prime Focus Spectrograph(PFS)の共同研究機関でもある。今回の派遣を通じて JHU の博士号取得者を Kavli IPMU 博士研究員に採用することに成功し、また、プリンストン大学とは、HSC に関する会合を相互に開催することで連携の強化をはかることができた。将来計画における国際共同研究のネットワーク強化を十分に果たし、長期的に Kavli IPMU における宇宙観測分野の中核を担うことが期待できる。

## ② 派遣・招へいした機関・組織の成果

(機関等として組織的に若手研究者や招へい研究者を支援する枠組みが構築されたか、機関等の研究者の評価において、海外での研究実績を重視するシステムが構築されたか、また本事業による派遣・招へいが今後も維持・継続されるか等の観点も含めて記載してください。)

Kavli IPMU では創設以来、研究者の海外での研究実績もその評価において重視する方針をとっており、機構に所属する全ての研究者に対して、年間1か月以上(3か月以内)の海外活動を推奨している。また、研究者ができるだけ研究に専念できるような組織作りを行ってきており、事務部門には専門性の高いスタッフが配置されている。長期間の招へいに関しては、蓄積されたノウハウがあり、全ての招へい者に快適な滞在をサポートできたが、本事業のような長期間にわたる海外派遣が複数名同時に行われるという経験は初めてであり、より適切な支援を検討し、渡航の際に必要なビザ取得情報提供や渡航中の科研費予算執行管理、各種手続きなどの支援体制を整えた。

T2K や HK (ハイパーカミオカンデ) などの素粒子実験や、すばる HSC プロジェクトに代表される観測的宇宙論の研究は大規模化複雑化しており、国際的な研究協力関係なしには成し遂げられなくなっている。それらの国際共同研究に於いて、リーダーシップを発揮し、Kavli IPMU のプレゼンスを高めていける人材を輩出していくため、今後も研究者としてのポテンシャルが高く、意欲のある若手研究者には機構をあげて海外の研究機関への長期派遣も支援していく。そして、本事業を通じて得られた各連携機関との協力関係は今後も派遣や招へいによる相互交流を継続し、さらに強めていく予定である。

(5) 若手研究者の派遣実績の詳細【氏名のみ非公表】 ※派遣者毎に作成すること。

派遣者③：准教授

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

H27年度はマサチューセッツ工科大学において、連携研究者である Davesh Maulik 教授と S-双対性予想について共同研究を行った。中国(三亜、Sanya International Mathematics Forum)、及び、カナダ(バンフ、Banff International Research Station)での国際研究集会に参加した。

H28年度も引き続きマサチューセッツ工科大学(MIT)に滞在し、Davesh Maulik氏と Gopakumar-Vafa 不変量の数学的定式化に関する共同研究を行い、論文にまとめた。米国滞在中には、Rutgers 大学や Harvard 大学より招聘を受け、セミナー講演を行い新たな研究交流の可能性を広げた。また、米国、中国、英国で開催された数学および数理物理学の国際会議に積極的に参加し、研究成果の発表に務めた。加えて、Fudan 大学(中国)で開催された Spring School of Moduli Theory や、国際理論物理学センター(イタリア)で開催された Advanced School and Workshop on Moduli Space, Mirror Symmetry and Enumerative Geometry にも、当該分野を牽引する講師として招かれ、導来圏上の安定性条件の空間の記述やモジュライ空間の構成、DT 不変量などこれまでに積み重ねてきた研究成果をアジアから欧州まで世界各国の若手研究者へ広め、数学界におけるプレゼンスを高めた。

(具体的な成果)

Maulik 氏との共同研究として進めた、超弦理論から触発された理論の数学的定式化および予想の部分的証明は、“Gopakumar-Vafa invariants via vanishing cycles” (arXiv:1610.07303) のタイトルで論文としてまとめ上げ、現在、国際学術誌に投稿中である。また、“KMS-MSJ joint meeting”(ソウル大学・2016年10月)、“Algebraic geometry and integrable systems”(神戸大学・2016年12月)、Geometry, Analysis and Mathematical Physics”(京都大学・2017年2月)など、数々の国際会議に於いて招待講演を行い、この研究成果を発表した。H29年3月には、このプログラムを通じて研究上の交流をさらに深めた、今後、数学・数理物理学の分野を国際的に牽引していくことが期待されている国内外の若手研究者を Kavli IPMU に招聘し、国際ワークショップ“Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations -”を理論物理(超弦理論)の山崎とともに主催し、成功を収めた。

なお、これらの成果も含めて業績評価の対象となり、H29年4月からは Kavli IPMU のPI(主任研究員)に、また7月からは教授に職位を上げて、名実ともに Kavli IPMU の数学分野を牽引していくこととなった。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
北米・米国マサチューセッツ工科大学 Davesh Maulik	0日	128日	136日	264日
アジア・中国、清華大学		11日		11日
北米・カナダ、Banff International Research Station		9日		9日
アジア・中国、復旦大学“Spring School of Moduli Theory”講演			8日	8日
北米・アメリカ、プリンストン大学、“Tokyo-Princeton algebraic geometry conference”講演			5日	5日
北米・アメリカ、ラトガーズ大学			3日	3日
アジア・中国、四川大学、“The Workshop on Gromov-Witten Theory”講演			6日	6日
欧州・英国・Herstmonceaux Castle, “Calabi-Yau varieties: Arithmetic, geometry and physics”講演			7日	7日
欧州・イタリア・ICTP, “Advanced School and			6日	6日

workshop on Moduli Spaces, Mirror Symmetry and Enumerative Geometry”講演				
------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

派遣者⑩：研究員

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

H27年度からH28年度にかけ、フランス Jussieu 数学研究所に滞在し、連携研究者の Jan Nekovar 教授らと共に K3 曲面の数論幾何的性質について研究を進めた。滞在期間中には、K3 曲面の自己同型の延長可能性の研究を完成させることができた。その成果をセミナーや研究集会などで発表し、論文にまとめた。帰国後も K3 曲面の数論幾何的性質について研究を進め、K3 曲面の非シンプレクティックな自己同型と退化の間に新たな関係を見出し、成果を複数の研究集会で発表し、論文にまとめた。

(具体的な成果)

滞在期間中に取り組んだ K3 曲面の自己同型の延長可能性の研究を完成させた。主定理は、K3 曲面のシンプレクティックで位数が有限かつ標数と素なものは延長可能であるというものである。また、K3 曲面の非シンプレクティックな自己同型と退化の間に新たな関係を見出した。具体的には、K3 曲面が微分形式に 1 の 1,2,3,4,6 乗根以外で作用する(非シンプレクティックな)自己同型を持つならば退化しないというものである。この成果は、プレプリントとして公開している(“Degeneration of K3 surfaces with non-symplectic automorphisms”, arXiv:1612.07569, “Extendability of automorphisms of K3 surfaces”, arXiv:1611.02092)。また、東京大学や京都大学など複数の大学でのセミナーや、シンポジウムで招待講演としてこれらの研究成果を発表した。なお、H28年5月より職位を特任助教に上げて、名古屋大学に異動している。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
欧州・フランス Jussieu 数学研究所 Jan Nekovar	0日	272日	29日	301日
アジア・韓国、KIAS、Conference on K3 surfaces and related topics 講演		6日		6日

派遣者⑫：研究員

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

H27年度および28年度に北米・カナダのパリメーター理論物理研究所に滞在し、場の量子論や弦理論に現れる数学的な構造の定式化に関する研究を行った。連携研究者の Kevin Costello 氏との議論を通じて、弦理論の D-ブレーンを数学的に記述する導来圏のエントロピーを D-ブレーンの質量の振る舞いから記述するという研究成果、及び不確定特異点を持つ共形場理論の相関関数のモノドロミーの具体的な記述という研究成果を得た。

(具体的な成果)

本事業を通じて国際的な研究機関にて研究活動を行ったことで、場の理論や弦理論に現れる興味深い数学的な構造の定式化のアイデアを得て、研究成果を2本の論文にまとめ公開した(“Homological and monodromy representations of framed braid groups”, arXiv:1702.03918, “Mass growth of objects and categorical entropy”, arXiv:1612.00995)。また、H28年9月には斎藤(研究担当者)が主要な役割を果たしてモスクワで開催された国際会議“Categorical and analytic invariants in Algebraic geometry 3”に於いて“Frobenius structures on Hurwitz spaces and confluent KZ equations”と題し、不確定特異点を持つ共形場理論(confluent KZ equation)と2次元の位相的場の理論(Frobenius 構造)に関する研究成果を発表した。その他、日本で開催されたサイエンスカフェに講師として参加し、研究成果の社会への還元にも努めた。



派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
北米・カナダ ペリメーター理論物理研究所 数学・数理物理学 Kevin Costello	0 日	11 日	285 日	296 日
ロシア&NIS, ロシア、ステクロフ数学研究所、“Categorical and Analytic Invariants in Algebraic Geometry 3” 講演			7 日	7 日

派遣者⑥：特任助教

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

H26 年度から H28 年度にかけて、主にプリンストン高等研究所およびハーバード大学への派遣を実施し、超弦理論、超対称場の理論および関連した数理物理の分野において世界の先頭を走るアメリカのグループと共同研究を行った。派遣者自身は、超弦理論の超対称ゲージ理論への応用において成果を挙げてきたが、この分野は裾野が広く相補的な数々のアプローチが存在する。超対称ゲージ理論に造詣が深いプリンストン高等研究所の **Nathan Seiberg** 氏、数理物理の分野を切り開いてきたフィールズ賞受賞者 **Edward Witten** 氏、位相的弦理論の立場からアプローチするハーバード大学の **Cumrun Vafa** 氏、ツイスター理論や AdS/CFT 対応からアプローチするオックスフォード大学の研究者らとの議論を通じて国際コミュニティに於ける日本のプレゼンス確立を目指した。

最終年度となった H28 年 5 月には離散リウヴィル理論および、そのクラスター代数、タイヒミュラー理論および超対称ゲージ理論との関連性についてセミナーにて話題提供を行い、他の研究者と議論を深めた。後期は、主にハーバード大学に滞在し **Cumrun Vafa** 氏との共同研究を進め、三次元多様体とチャーン・サイモンズ理論に関するコロキウム講演を行った。これらの複数の研究は現在も進行中であり、特に **Edward Witten** 氏およびカナダのペリメーター理論物理研究所の **Kevin Costello** 氏と現在執筆中の国際共著論文は近日発表予定である。また、プリンストン高等研究所の **Maxime Gabella**, ウブサラ大学の **Pietro Longhi**, ラトガス大学の **Chan-Youn Park** とともに、4次元ゲージ理論の研究に現れるスペクトラルネットワークと呼ばれるリーマン面上のグラフを研究しており、近々発表予定である。この研究の成果は、一般のパンクチャーを持つ平坦接続のモジュライ空間のシンプレクティック構造を与えるなど、数学的にも多くの応用が見込まれる。

(具体的な成果)

H27 年度には、プリンストン大学及びプリンストン高等研究所の研究者と 4 本の論文を完成させ、全てプレプリントサーバーに投稿完了した。また、夏の **Aspen Center for Physics** での研究会に刺激され、新たな分野にも研究の幅を広げることができ、ポルトガル・ポルト大学の **Penedones** 及び **Trevisani** 両氏との研究を完成させ、現在雑誌に投稿中である (arXiv: 1509.00428)。他、単著での論文も投稿した (arXiv: 1601.04072)。加えて、プリンストン高等研究所の **Witten** 氏と国際研究会を組織し、国際コミュニティでの日本のプレゼンス向上を一步進めることができた。

H28 年度は、海外連携機関であるプリンストン高等研究所博士研究員の **Mauricio Romo** 氏との国際共著論文 2 本を含め、3 本の論文を国際学術誌に発表し、5 本の論文をプレプリントサーバーへ投稿完了した。また、国内外 (米国、英国、中国、イタリアなど) で開催された国際会議やコロキウム講演などあわせて 8 の招待講演を行った。

その他、**Kavli IPMU** において 2 回のワークショップを主催している。12 月に **Kavli IPMU** にて主催した国際ワークショップ“**Resurgence at Kavli IPMU**”では、物理学と数学に現れる非線形問題に対し系統的に解を構成する **Resurgence** 理論の、ひも理論および超対称ゲージ理論への応用について、本プログラムでの研究交流を通じ知見を深めた最近の展開について話題提供を行い、議論を刺激した。ワークショップ参加者からは大変な好評を博した。また 3 月には、今後、数学・数理物理学の分野を国際的に牽引していくことが期待されている国内外の若手研究者を **Kavli IPMU** に招聘し、国際ワークショップ“**Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations -**”を数学の戸田と共催し、成功を収めた。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
北米・米国プリンストン高等研究所 Nathan Seiberg , Edward Witten	26 日	39 日	71 日	136 日
北米・米国ハーバード大学物理学科 Cumrun Vafa	0 日	0 日	128 日	128 日
欧州・英国・オックスフォード大学数学研究所 Fernando Alday	0 日	59 日	0 日	59 日
欧州・仏、Ecole Normale Supérieure		6 日		6 日
欧州・英国、ICMS、“Workshop on quantum fields, knots and integrable systems” 講演			5 日	5 日

派遣者⑧： 特任准教授

<p>(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>主にハーバード大学に滞在し、Cumrun Vafa 教授ら超弦理論グループのメンバーとともに、ヘテロ-II型超弦理論の双対性に関する研究を遂行した。またバージニア工科大学で開催された国際会議において、この研究成果を招待講演として発表している。H28年10月には、北京清華大学にてヘテロ-II型超弦理論に関するセミナー講演を行い、研究成果をアジアの研究者コミュニティに広く紹介するとともに、参加者との議論を深めた。H29年2月にはドイツで開催された“New Ideas in String Phenomenology 2017”で、超弦理論を通じて整数論が宇宙論に関係を持つというアイデアについての発表を行った。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>本事業を通じて国際共著論文を含め2本の論文を国際学術誌に発表した。また、各国大学でのセミナー講演や国内外で開催された国際会議にて3回の研究成果の口頭発表(招待講演)を行い、研究成果の発表につとめた。その他、日本で行った一般講演では、理論物理学分野における国際共同研究の生き生きとした様子を約400名の参加者を前に語り、研究成果の社会への還元につとめた。</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
北米・米国、ハーバード大学物理学科 Cumrun Vafa	0 日	177 日	149 日	326 日
北米・米国、カリフォルニア大学		4 日	2 日	6 日
北米・米国・バージニア工科大学、“Southeastern regional mathematical string theory meeting”講演			2 日	2 日

派遣者⑨： 准教授

<p>(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>カリフォルニア工科大学に滞在し、Hirosi Ooguri 氏らとともに、一般相対性理論と量子力学を統合する最も有望な理論である超弦理論の研究を進めた。米国滞在中は、カリフォルニア工科大学やカリフォルニア大学サンタバーバラ校でセミナー講演を行ったほか、スイスのベルン大学でのセミナー講演やイタリアやポルトガルで開催された国際会議での招待講演など、精力的に量子重力に関する研究成果の発表を行い研究交流の幅を広げた。また、Hirosi Ooguri 氏が素粒子物理学と情報理論という新たな境界領域を開拓することを目指し Kavli IPMU にて開催した実験的な国際ワークショップ“Statistics, Quantum Information, and Gravity”では、重力アノマリーがある場の量子論にお</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ける量子エンタングルメントの定義の問題について話題提供を行い、他の参加者とともに議論を深めた。

(具体的な成果)

同時期にカルフォルニア工科大学に滞在していた Ian Swanson 氏との国際共著論文を含む 2 本の論文を完成させ、公開した (“Boundary Operators in Effective String Theory”, Simeon Hellerman and Ian Swanson, arXiv:1609.01736, “On Vertex Operators in Effective String Theory”, Simeon Hellerman and Shunsuke Maeda, arXiv:1701.06406 )。また、国際会議での招待講演や各国大学でのコロキウム講演、セミナー講演など積極的な研究成果発表を行った。

派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
北米・米国、カリフォルニア工科大学 物理、Hiroshi Ooguri	0 日	31 日	73 日	104 日
スタンフォード大学、物理、Leonard Susskind	0 日	22 日	14 日	36 日
北米・カナダ、ペリメーター理論物理研究所		2 日		2 日
北米・米国、ニューヨーク大学		7 日		7 日
アジア・イスラエル、ワイツマン科学研究所		10 日		10 日
北米・米国、アスペン理論物理学センター		15 日		15 日
北米・米国、サイモンズセンター		28 日	15 日	43 日
欧州・スイス・ベルン大学、“Physics Department Colloquium” 講演			9 日	9 日
欧州・イタリア・ガリレオガリレイ理論物理学研究所、“GGI bootstrap conference”講演			27 日	27 日
北米・アメリカ・ハーバード大学			55 日	55 日
欧州・ポルトガル・Instituto Superior Tecnico、“Resurgence Workshop”講演			6 日	6 日
北米・アメリカ・ブラウン大学			7 日	7 日
北米・アメリカ・コロンビア大学			6 日	6 日
北米・アメリカ・UCSB			5 日	5 日

派遣者①：特任助教

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

H26 年度は、米国ボルチモアにある、ジョンズ・ホプキンス大学に滞在し、連携研究者である Brice Menard 博士と、加速膨張宇宙の鍵を握る暗黒エネルギーをより精密に測定する新しい手法の開発に取り組んだ。データは先行研究のあるスローンデジタルスカイサーベイを使った。鈴木が発案に対し、Menard 博士と彼のグループメンバーが協力する形で研究を進めた。

H27 年度は、カリフォルニア工科大学に滞在し、連携研究者である S. Kulkarni 教授の進める Palomar Transient Factory の研究に参画した。これは Kavli IPMU が進める加速膨張を解明するための、すばる望遠鏡による超新星探査の先駆けとなる研究であり、データベースの作成手法や数ある候補天体の中から確度よく超新星を選択する手法を学び、H28 年度秋から始まるすばる望遠鏡での超新星探査の基礎となるシステムを作成に着手した。また、ハワイ島でのすばる望遠鏡、ケック望遠鏡の観測を行った。

H28年度はパリのLPNHE研究所に滞在し、加速膨張宇宙を解明する為のすばる望遠鏡による超新星探査に必要な準備を進めた。すばる望遠鏡の撮像装置(HSC)からもたらされる膨大なデータを迅速に処理し、超新星と思われる候補天体を選び出すアルゴリズムの開発を共同で行った。また精度の高い測定をするためのソフトウェア開発にも参加した。また、プリンストン大学に滞り場所を写し、Robert Lupton博士を中心に進められているすばる望遠鏡解析ソフトウェアチームに参画した。ここでは、現在のデータの精度を評価し、加速膨張を精密に超新星から測定する為に必要な精度に上げるアルゴリズム及びソフトウェアの開発に従事した。

(具体的な成果)

H26年度は、共同研究による論文発表を行った。また、滞在型研究のメリットを最大限に生かし、精力的にネットワーク強化を図った。その結果、当初予定していなかったノーベル賞受賞者でもあるAdam Riess博士と研究討議の機会を得て、ハッブル宇宙望遠鏡による観測の検討など新しい可能性を広げた。

H27年度は、先行研究のデータベースや解析システムの提供を受け、28年度秋から開始するすばる望遠鏡での超新星観測の準備を進めることができた。また、S. Kulkarni教授らが進める次世代の宇宙探査計画のソフトウェアをこちらから提供するなど、双方での研究協力体制が築いた。本プログラムで購入した精度向上のための波長制限器は、試験観測を経てH28年2月より本観測に入ることができ、良好な結果を輩出した。ハッブル宇宙望遠鏡との連携による、すばる望遠鏡の追観測により、遠方の超新星の正確な赤方偏移を測定するデータを得ることもできた。これは、H28年度から始まる本格的な深宇宙超新星探査の先駆けとなる成果となり、遠方のスペクトルを取得することが可能であることが立証できた。

H28年度は、H27年11月から始まった、すばる望遠鏡による遠方超新星探査において、LPNHE研究所で準備、開発したシステムにより、大量のデータから加速膨張宇宙測定に必要な超新星を迅速に選択することができた。これにより本事業を通じて築いてきた協力研究機関における大型望遠鏡によるタイムリーな追跡観測が可能となり、カリフォルニア大学のケック望遠鏡、米国連合のジェミニ望遠鏡、そしてすばる望遠鏡での分光観測に成功した。さらにNASAのハッブル宇宙望遠鏡での追跡観測にも成功した。これは過去10年間にハッブル宇宙望遠鏡で得られた超新星観測を3ヶ月で塗り替えつつある成果であり、当初の予定を上回る数の超新星をハッブル宇宙望遠鏡で観測することができた。

派遣 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
北米・米国・プリンストン大学 Michael Strauss	0日	0日	46日	46日
欧・フランス・LPNHE研究所 Reynald Pain	0日	0日	65日	65日
北米・米国・カリフォルニア工科大学 Shri Kulkarni	0日	49日	0日	49日
北米・米国・ジョンズ・ホプキンス大学 Brice Menard	91日	0日	0日	91日
北米・アメリカ・ハワイ、Keck天文台		4日		4日
アジア・台湾、ASIAA講演		4日		4日
北米・アメリカ・ハワイ、すばる天文台		4日	15日	19日
北米・アメリカ 宇宙望遠鏡科学研究所 "Detecting the Unexpected Discovery in the Era of Astronomically Big Data" 講演			2日	2日
北米・アメリカ ハーバード大学、"LSST Calibration Workshop"参加			7日	7日
北米・アメリカ ローレンスバークレイ研究所			8日	8日
北米・アメリカ NASA、"SN Workshop"参加			5日	5日

**【参考】派遣期間が300日未満となり、最終的に若手派遣研究者派遣実績のカウントから除外された者**

准派遣者： 特任助教

(当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) ニュートリノを茨城の東海村から射出し、岐阜の神岡で捉え、ニュートリノ振動、レプトンにおけるCP非保存を調べる現在進行中の国際共同研究、T2K(Tokai to Kamioka)実験の装置を改良するために、装置開発をしたカナダTRIUMFに赴き、射出エネルギーの系統誤差を最小限に抑え、装置の能力を最大限に上げるよう改良する。さらに次世代のより精密で大規模な実験T2HK(Tokai to Hyper-Kamiokande)に備え、新しい装置、NuPRISMの開発を始める。これも装置開発の実績のあるカナダTRIUMFに滞在し、リーダーシップを取りながら、鋭意開発に取り組む。T2Kは11カ国、59の研究機関からなる国際共同研究であり、カナダTRIUMFは装置開発において中核の一翼を担っている。 (具体的な成果) H26年度は、TRIUMFにある先進的なテストベンチPTFを用い超純水中に設置した液中パーティクルカウンターや高速アナログ-デジタル変換器での初期テストをTRIUMF研究者と共同して行った。成果を第6回Hyper-K open meeting等で共同発表した。 H27年度は、これまでの検討結果を基に、T2HK、NuPRISM計画主担当者として、J-PARCプログラム諮問委員会にNuPRISM実験提案書を作成提出した。フェルミ研究所とも共同し、NuPRISM計画推進のため、液体シンチレータと大面積ピコ秒光子検出器を開発する米国活動を支援する体制を築き、KEK日米共同プログラムに提案書を提出した。 H28年度途中から長期間の派遣が困難となり、担当研究者として本事業に参加することとなった。その後も積極的に素粒子実験関係の国際ワークショップをKavli IPMUに於いて開催し(“PhyStat-v Workshop on Statistical Issues in Experimental Neutrino Physics”, 2016/5/30-6/1, “Practical Statistics for Particle Physics Analyses”, 2017/3/27-29)、また国際会議でインパクトのある論文を発表するなど、国際共同研究に卓越したリーダーシップを発揮している。				
派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
北米・カナダ、TRIUMF、Akira Konaka	56日	52日	100日	208日
北米・アメリカ、コロラド大、FiTQun Workshop in Boulder 参加	7日			7日
北米、カナダ、ヨーク大学、実験、研究打合せ		13日		13日
北米、カナダ、トロント大学、セミナー講演、実験、研究打合せ		9日		9日
北米、米国、Fermilab、研究打合せ		14日		14日
欧州、英国、Imperial College、“Neutrino 2016”参加・講演			13日	13日
アジア、ベトナム、ICISE、“NuFact 2016”参加・講演			10日	10日
アジア、韓国、Kimdeajung Convention Center、“KPS 2016”参加・講演			3日	3日
欧州、スイス、CERN、“Workshop on Neutrino Near Detector Based on Gas TPCs”講演			4日	4日
アジア、韓国、ソウル国立大学、“First Workshop on the Second Hyper-Kamiokande”講演			3日	3日
北米、カナダ、トロント市内会議場、研究打合せ			4日	4日

(6) 研究者の受入実績の詳細【氏名のみ非公表】 ※招へい者毎に作成すること。

招へい者①： (准教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Friedl 准教授と担当研究者の樋口らの Kavli IPMU グループは、国際共同実験 Belle II のうち崩壊点検出器（信号読み出し・電子回路・HEPHY における検出器製作・検出器の温湿度環境の安定化・検出器の輸送）を共同研究している。特に Friedl 准教授はその読出しエレクトロニクスの専門家である。				
(具体的な成果) H26 年度は、検出器と完全に同じ形状の mockup を製作した上でエレクトロニクスの基礎的開発を行い、放射線源を読出す試験に初めて成功した。Friedl 准教授らは、検出器 mockup を磨き上げ、Kavli IPMU グループのシステムを基にほぼ完全な形での読出しシステムを完成させることに成功した。 H27 年度は検出器開発・製作において、電氣的性能評価、安全な検出器輸送などについて、相互に情報共有を行った。				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
OAW、高エネルギー物理学研究所、オーストリア 片山伸彦・樋口岳雄（東京大学）	14 日	16 日	0 日	30 日

招へい者②： (准教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Forti 氏は Belle II 実験の Executive Board Chair と SVD 開発グループの Quality Control Group (QCG) Chair を兼務しており、また INFN Pisa では実際に SVD 用電源開発やサブモジュールの製作にあたっており、マネジメントと実働の両面から実験を推進している。				
(具体的な成果) H26 年度は、Forti 准教授の品質管理に関する視点に基づいて、Kavli IPMU グループとしては検出器を一様な品質（特に検出器が与える位置情報）で量産する技術を大幅に進歩させた。また Forti 准教授は、検出器量産におけるマニュアル化可能な項目と不可能な項目の洗い出し、現実的な組立品質の設定など新しい品質管理のメカニズムを導入するに至った。 H27 年度は検出器開発・製作において、全量産期間における検出器の品質維持の方法（組立技術・人員の管理・スケジュール等）について Kavli IPMU グループに助言を与え、製作体制に反映させた。 H28 年度の滞在期間中、Forti 氏は SVD QCG Chair として SVD ラダー・マウント・レビューを組織し、TIFR や Kavli IPMU のメンバーとともに、SVD ラダーを Belle II 構造体に安全に装着する方法のデモについて批評を行った。他方、サブモジュール製作者として Kavli IPMU クリーンルームにおいて、電氣的不具合を起こしたラダー組み立てに使用するサブモジュールを修理し、TIFR と Kavli IPMU のラダー量産スケジュールの遅延を回避した。INFN Pisa は本プログラム終了までにラダー量産用サブモジュール 94 個のすべてを作り終えた。現在はラダー組立サイトに順次発送しているところである。なお TIFR や Kavli IPMU が品質管理されたラダーを量産する上で重要な変更点管理の理論と実務の多くは Forti 氏の経験に由来するところが大きく、TIFR・Kavli IPMU の研究に氏の果たした役割は大きい。				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
INFN、イタリア 片山伸彦・樋口岳雄（東京大学）	14 日	10 日	11 日	35 日

招へい者③： (教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

Witten氏は、数理論物理の分野を切り開き、フィールズ賞も受賞している。超弦理論、超対称場の理論、また関連した数理論物理の分野において世界の先頭を走るアメリカ、ヨーロッパのグループと共同研究を行うために要となる研究者である。

(具体的な成果)

このプログラムを通じて国際コミュニティに於ける日本のプレゼンスを確立するため招へいを実施し、氏のもとへ派遣者を予定した理論物理学の山崎や、数学の戸田らと議論した。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
プリンストン高等研究所、米国 村山斉・山崎雅人（東京大学）	5日	0日	0日	5日

招へい者④： (Scientific Officer)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

Rao氏とKavli IPMUチームは、国際共同実験 Belle II のうち崩壊点検出器を共同研究している（TIFRの検出器開発と製作に関する工学的マネジメント・治具開発等）。特に Rao氏はメカニクスの専門家である。

(具体的な成果)

H26年度はKavli IPMUグループの検出器組立技法に基づき Rao氏らのグループも検出器の組立技術を大幅に躍進させた。Rao氏らの研究過程で得られた検出器組立における部品の接着技法などは、逆にKavli IPMUグループに還流され、双方で非常に大きなシナジー効果を得た。

H27年度は、検出器開発・製作において、製作工程の技術的改良法について、双方で継続的に情報交換をし合うなど、TIFRとIPMUの両者の検出器製作の進展に大きく貢献した。

H28年度は、Kavli IPMUのクリーンルームにはほぼ常駐し、ラダー製作の全工程に関わった。また本事業により招へいしている Mayekar氏の活動を指揮した。あわせてKavli IPMUグループのラダーの組立工程に不具合が生じた際には、エンジニアの視点から改善策を助言し、研究をバックアップした。この招へいを通じ、TIFRおよびTIFRと同様の技術を使用してラダーを製作するKavli IPMUの双方が100μmのセンサー位置精度でラダーを製作する技術を確立させ、量産ラインの稼働を実現させた。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
TIFR、高エネルギー物理学部門、インド 片山伸彦・樋口岳雄（東京大学）	79日	159日	133日	371日

招へい者⑤： (Laboratory Assistant)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)

Belle II実験に参加し、崩壊点検出の開発（TIFRの検出器製作・治具の製作・その他の技術的开发）を担当している。特に Mayekar氏はメカニクスの専門家である。

(具体的な成果)

H26年度は、Kavli IPMUグループの検出器組立技法に基づき Mayekar氏らのグループも検出器の組立技術を大幅に躍進させた。Mayekar氏らの研究過程で得られた検出器組立における治具の開発技術などは逆に我々に還流され、双方で非常に大きなシナジー効果を得た。

H27年度は、検出器開発・製作において、治具製法や治具そのものについて、双方で継続的に交換をし合い、TIFR と IPMU の両者の検出器製作の進展に大きく貢献した。

H28年度は、Kavli IPMU のクリーンルームにほぼ常駐し、ラダー製作工程のうち、特に部品間の接着、ラダーの組立精度検査、ラダーの電気性能検査などに貢献したほか、ラダー組立用治具や部品に再調整、再加工の必要が生じた際には、Kavli IPMU の工作機械をもちいて、これらを修正するなどラダー製作そのものにも貢献した。また、Kavli IPMU 側の研究において不具合が生じた際には、的確な助言を行い研究の停滞を防いだ。なお、TIFR は Belle II とは異なる素粒子実験である CMS 実験の半導体検出器の開発も開始しており、Kavli IPMU での滞在を通じて得られた研究成果を反映していく予定である。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
TIFR、高エネルギー物理学部門、インド 片山伸彦・樋口岳雄（東京大学）	100 日	135 日	130 日	365 日

招へい者⑫：（准教授）

（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動）  
T2K(Tokai to Kamioka)実験で、射出エネルギーの系統誤差を最小限に抑え、装置の能力を最大限に上げるためのデータ解析手法を実際のデータに適用する。さらに次世代のより精密で大規模な実験 T2HK(Tokai to Hyper-Kamiokande)に備え、新しい装置 NuPRISM の開発を進めるため、現地に近い本機構に滞在して研究する。

（具体的な成果）  
共同研究のより早期着手のため、当初計画を早め、平成 26 年度に繰り上げて招へいを行い、マーク・ハーツらとともに NuPRISM の開発にあたった。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
IFAE バルセロナ、物理学科、スペイン 片山伸彦・マーク・ハーツ（東京大学）	4 日	11 日	0 日	15 日

招へい者⑥：（助教）

（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動）  
戸田と 3 次元フロップ収縮に伴う非可換代数に関する共同研究を行い、論文を完成させる。

（具体的な成果）  
戸田と国際共著論文“Contraction algebra and invariants of singularities” (arXiv:1601.04881)を執筆し、プレプリントサーバーへ提出した。

招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
香港大学, Department of Mathematics, Hong Kong 戸田幸伸（東京大学）	0 日	61 日	0 日	61 日



招へい者⑦： (准教授)

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>派遣者の鈴木と、すばる望遠鏡超広視野カメラ HSC の深宇宙データを高精度かつ自動で解析するためのソフトウェア群の共同開発を進めた。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>本機構滞在中に綿密な打合せを行い、派遣者の鈴木や本機構の他の研究者と共同でデータ解析ソフトウェア群を開発することに成功した。具体的には、データ解析が可能になるレベルまでパイプラインソフトウェアを改善することができ、H28年1月には、共同研究者の間でのデータ公開(DR1)を達成した。これによって研究者がすばる望遠鏡からのデータを自由自在に解析することが可能となった。</p>				
招へい元(機関名、部局名、国名)及び 日本側受入研究者(機関名)	招へい期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
プリンストン大学、天文学科、米国 高田昌広・片山伸彦(東京大学)	0日	24日	0日	24日

招へい者⑧： (教授)

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>Pain 博士は、国際共同望遠鏡(CFHT)を使った5年間に渡る大規模な超新星探査の研究を企画し、大きなグループをまとめ観測を遂行した研究代表者であり、加速膨張宇宙の確かな証拠を挙げている。H28年度秋から開始予定のすばる望遠鏡による超新星探査を進めるにあたっての手法や解析方法、チーム編成についての知識と経験を得るため、共同検討を進めた。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>安田・鈴木がH27年12月にLPNHEに訪問、すばる望遠鏡観測計画について検討を重ねると共に、H28年3月には招へいを行った。共同開発したコンピュータシミュレーションを通し、観測計画を最適化する手法を確立した。</p>				
招へい元(機関名、部局名、国名)及び 日本側受入研究者(機関名)	招へい期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
パリ LPNHE、物理、フランス 安田直樹・片山伸彦・鈴木尚孝(東京大学)	0日	3日	0日	3日

招へい者⑩： 助教

<p>(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動)</p> <p>Menard 博士は、大規模な北半球の全天宇宙探査、スローンデジタルスカイサーベイ(SDSS)からのデータを使い、大量のデータから抽出されるわずかなシグナルを捕え、科学的成果をあげることを得意としている。すばる望遠鏡による深宇宙探査は、SDSSの拡張版であり、Kavli IPMU チームのデータ解析に最大限活用していく。</p> <p>(具体的な成果)</p> <p>H26年度の鈴木への派遣に加え、H27年度は招へいを実施。H27年度は、計画の進捗の確認、今後の方針を集中検討した。なお、Menard 博士の指導を受けた大学院生(Lan Ting-Wen)がH28年度よりKavli IPMUで博士研究員として働くことが決定し、両機関の人材交流が一步進んだと言える。</p>				
招へい元(機関名、部局名、国名)及び 日本側受入研究者(機関名)	招へい期間			合計
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	
ジョンス・ホプキンス大、物理、米国 安田直樹・片山伸彦・鈴木尚孝(東京大学)	0日	3日	0日	3日

招へい者⑪： (准教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Di Lodovico 准教授は、T2HK 計画における No.2 であり、プロジェクト共同リーダーを務めている。Di Lodovico 氏とは、将来の T2HK 実験のうち、NuPRISM と TITUS の双方に利用可能となるような中間検出器の提案を統合するための計画策定を進めている。				
(具体的な成果) 上記検討に基づき、T2HK 実験における中間検出器の提案を作成した。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び	招へい期間			合計
日本側受入研究者 (機関名)	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
ロンドン大学クイーン・マリー、物理学科、英国 片山伸彦・マーク・ハーツ(東京大学)	0 日	8 日	0 日	8 日

招へい者⑬： (教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) T2K 実験および Hyper-Kamiokande 実験に参加し、マーク・ハーツらとともに前置検出器 NuPRISM の研究開発に関わっている。				
(具体的な成果) H27 年度は、アクリル球に配置した直径 3 インチの PMT を持つマルチ PMT モジュールのベースラインのデザインに関し、開発事業者を交え検討開始した。これは次世代のより精密で大規模な実験 T2HK に備える計画である。また、ベースラインの PMT 設計として、マルチ PMT のデザインが NuPRISM 実験に採用される成果を得た。 H28 年度は、"Towards the discovery of CP violation in neutrinos"と題し、Kavli IPMU にてセミナー講演を行った。また、Kavli IPMU にて開催された第 4 回 Hyper-Kamiokande Collaboration Meeting に参加し、Hyper-Kamiokande 実験および NuPRISM の改良について、マーク・ハーツらと議論を深めた。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び	招へい期間			合計
日本側受入研究者 (機関名)	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
カナダ、ブリティッシュコロンビア大学、カナダ、片山伸彦・マーク・ハーツ (東京大学)	0 日	14 日	14 日	28 日

招へい者⑰： (教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Kavli IPMU 所属の数学系研究者と Gromov-Witten 不変量の計算応用に関し集中討議を行った。				
(具体的な成果) 当初、派遣を予定していた Todor Milanov らと Landau-Ginzburg / Calabi-Yau 対応についての問題点について集中議論を行い、論文にまとめプレプリントサーバーに投稿した(Hiroshi Iritani, Todor Milanov, Yongbin Ruan, Yefeng Shen, "Gromov-Witten Theory of Quotient of Fermat Calabi-Yau varieties", arXiv:1605.08885)。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び	招へい期間			合計
日本側受入研究者 (機関名)	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
ミシガン大学、数学、米国 片山伸彦 (東京大学)	0 日	6 日	0 日	6 日

招へい者⑱： (准教授)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Belle II 実験に参加し、崩壊点検出の開発 (量産中の検出器の品質管理・TIFR のマネジメント) を担当している。				
(具体的な成果) 検出器開発・製作において、TIFR と IPMU の生産ラインの共有化について治具開発等を含めた具体的な議論を行い、検出器の将来の生産性向上に貢献した。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
TIFR 高エネルギー物理学部門、インド 樋口岳雄 (東京大学)	0 日	9 日	0 日	9 日

招へい者⑲： 准教授

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) 事業計画時は、Kavli IPMU より数学の研究者を Balalov 氏のもとに派遣する予定であったが、予定していた数学者の長期派遣が困難となったため、招へいを実施して研究を進めた。				
(具体的な成果) 頂点作用素代数の捩れ表現を基にしたある種の理論を構築し、Gromov-Witten 不変量の計算に応用することについて Kavli IPMU 所属の数学系研究者らと集中検討議論を行った。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
ノースカロライナ州立大学、数学、米国 片山伸彦 (東京大学)	0 日	19 日	0 日	19 日

招へい者⑳：助教

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Academia Sinica (中央研究院・台湾) グループの主要メンバーとして、すばる HSC による深宇宙探査に関わり、おもに銀河の形成や進化に関する研究を進めている。				
(具体的な成果) 鈴木や高田をはじめとした Kavli IPMU のメンバーと初期銀河の衝突合体による構造進化について活発な議論を行い、相互の研究の発展に寄与した。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
ASIAA, 中央研究院天文及天文物理研究所, 台湾 研究所 高田昌広、鈴木尚孝 (東京大学)	0 日	0 日	23 日	23 日

招へい者⑯：助教

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) Academia Sinica (台湾) および Max Planck 研究所 (ドイツ) グループの主要メンバーとしてすばる HSC による深宇宙探査に関わり、おもに重力レンズ現象に関する研究を進めている。				
(具体的な成果) 鈴木や高田をはじめとした Kavli IPMU のメンバーとすばる HSC による重力レンズ現象探査に関する議論を行い、"Cosmology with Gravitational Lens Time Delays"と題しセミナー講演を行った。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
ASIAA, 中央研究院天文及天文物理研究所, 台湾 研究所および Max Planck 研究所、ドイツ 高田昌広、鈴木尚孝 (東京大学)	0 日	0 日	13 日	13 日

招へい者⑳：研究員

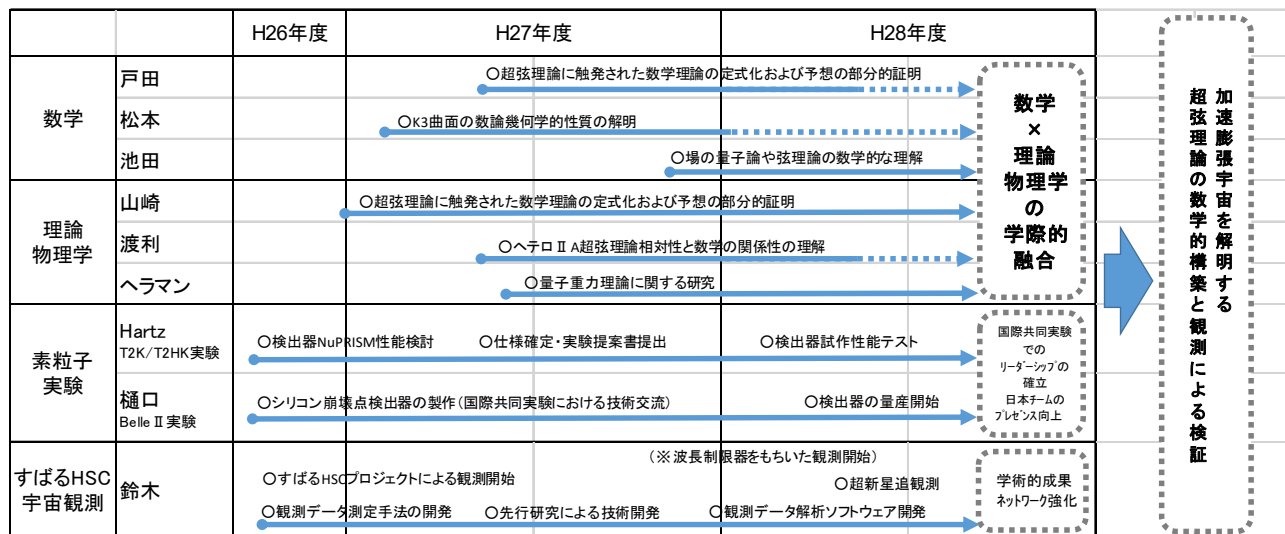
(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) T2K 実験および Hyper-Kamiokande 実験に参加し、マーク ハーツらとともに前置検出器 NuPRISM の研究開発に関わっている。				
(具体的な成果) 東海村の J-PARC に滞在し、NuPRISM の改良に関わった。また、Kavli IPMU にて開催された第 4 回 Hyper-Kamiokande Collaboration Meeting にて研究成果を発表した。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
TRIUMF 研究所、カナダ 片山伸彦、マーク ハーツ (東京大学)	0 日	0 日	14 日	14 日

招へい者㉑：(Staff Scientist)

(当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動) T2K 実験および Hyper-Kamiokande 実験に参加し、マーク ハーツらとともに前置検出器 NuPRISM の研究開発に関わっている。				
(具体的な成果) 東海村の J-PARC に滞在し、Hyper-Kamiokande 実験に使用予定の前置検出器 NuPRISM の、特に電子回路計画の部分において改良に関わった。また、J-PARC にて開催された T2K Meeting にて Computing に関する研究成果を発表し、Kavli IPMU にて開催された第 4 回 Hyper-Kamiokande Collaboration Meeting にも参加し議論を深めた。				
招へい元 (機関名、部局名、国名) 及び 日本側受入研究者 (機関名)	招へい期間			合計
	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	
TRIUMF 研究所、カナダ 片山伸彦、マーク ハーツ (東京大学)	0 日	0 日	16 日	16 日

資料3 国際共同研究の計画概要・方法

(1) 実施期間中における研究のスケジュールと実施内容の概要



**数学**では、数学と超弦理論の学際的研究を進めるため、3名の派遣を実施した。

戸田は、H27年度からH28年度にかけて、マサチューセッツ工科大学のDavesh Maulik氏のもとへ滞在し、S-双対性予想の数学的定式化やGopakumar-Vafa不変量(GV不変量)に関する研究を行い、超弦理論に触発された数学理論の定式化および予想の部分的証明を目標とし共同研究を行った。一方、香港大学のHua氏をKavli IPMUに長期間招へいし、3次元フロップ収縮に伴う非可換代数と行列因子化に関する共同論文の作成を進めた。

松本は、これまでK3曲面の数論幾何学的性質を研究してきた。K3曲面はカラビ・ヤウ多様体の低次元版にあたり、この研究を発展させるため、各種のコホモロジーを用いて多様体の数論幾何学的な性質を研究しているパリのJussieu数学研究所に、H27年度に集中して滞在し研究を進めた。

池田はこれまで、超弦理論に現れるD-braneの成す圏や、D-braneの安定性について研究を行ってきた。近年、ペリメーター研究所では、Kevin Costello氏を中心として、低エネルギーの有効理論や繰り込み群を軸とした場の量子論や超弦理論の数学的に厳密な構成およびその応用の研究が盛んである。池田はH28年度に集中してペリメーター研究所に滞在し、Costello氏に指導を受けつつ、超弦理論の数学的な定式化やその数学への応用の研究に取り組んだ。

**理論物理学**では超弦理論を用いて様々な次元の超対称場の理論を理解することを目標とし、数学との融合的研究を進めた。H26年度秋にWitten氏の招へいを実施できたことで、共同研究への深い議論ができたため、山崎の派遣は当初計画を早めて行った。平成26年度から27年度初頭にかけて、山崎をアメリカのプリンストン高等研究所へ派遣し国際共同研究を推進した。プリンストン高等研究所では、超弦理論のブレーンから場の理論を構成する方法、また関連した数理物理の分野において長年先駆的な研究がなされており、その成果は世界でも群を抜いている。H27年度、H28年度は、プリンストン高等研究所に加え、オックスフォード大学、ハーバード大学などを訪問し国際共同研究を推進した。主たる渡航先であるプリンストン高等研究所では、超弦理論のブレーンから場の理論を構成する方法、また関連した数理物理の分野において長年先駆的な研究がなされており、その成果は世界でも群を抜いている。同研究所には例年世界中から数多くの研究者が訪問しており、国際的なネットワークを築くのに最適の環境である。

渡利とヘラマンは、数学と超弦理論の学際的研究を進めており、そのため、素粒子物理学における弦理論に強い、ハーバード大学へ渡利を、カリフォルニア工科大学およびスタンフォード大学へヘラマンを派遣し、共同研究を進めた。両名の派遣はH27年度からH28年度にかけて実施した。

**素粒子実験**では、国際共同実験T2K実験とBelle II実験を推進した。T2K実験においては、H26年度は、系統誤差を最小に抑えるために、観測されたデータから照射されたニュートリノの量を精密に測定することを目標とし、装置開発を行ったカナダのTRIUMFチームにハーツを派遣し、T2Kの装置の性能が最大限発揮できるよう共同研究を進めた。H27年度からは、T2Kに新たに導入されるNuPRISMと名付けられた新しい装置の開発に取り組んだ。この装置は、T2Kのビームで生み出されるニュートリノのエネルギーはパイオンが崩壊する時にニュートリノが射出される角

度と相関があることを利用して、J-PARC で照射されたニュートリノの相互作用のエネルギーと神岡で観測されるニュートリノの状態との関係をより正確に調べることができるようになる。この開発は、カナダ TRIUMF で行われている。T2K の装置を改良するだけでなく、将来的に計画されている、T2HK(Tokai to Hyper-Kamiokande)のような次世代実験の精度の達成には欠かせない試金石になると期待されており、本事業期間内に NuPRISM の試作をおこない性能評価の実施までを目標とした。

Belle II 実験については、既に建設が開始され、Kavli IPMU では最も重要な測定器の一つであるシリコン崩壊点検出器(SVD ラダー)を制作している。H26 年度より、本事業により、インド・タタ研究所の若い研究者たちを Kavli IPMU に招へいし、協働で検出器を作成することで、アジアにおけるリーダーシップの発揮を目指した。本事業が終了する H28 年度末までにラダーの量産体制を確立することを目標とした。

すばる望遠鏡観測による宇宙観測では、H26 年度より 5 年間にわたり、300 夜を観測する HSC 宇宙探査計画のため、すばる望遠鏡に新しい主焦点カメラ Hyper-Suprime Cam (HSC) が搭載され稼働するのにあわせて、鈴木を先行研究のある連携機関に派遣し、有用なデータ解析技術の習得と新たな開発をはかった。H26 年度には、スローンデジタルスカイサーベイによって大規模データベースの取り扱いに精通している連携機関のジョンズ・ホプキンス大に派遣した。また、今後の観測をより成果あるものにするため、すばる望遠鏡に設置する新しい波長制限器基板の準備を開始した。H27 年度は、深宇宙超新星探査に関して先行研究のあるカリフォルニア工科大学に派遣し、データベースの作成手法や、無数の候補天体の中から確度良く超新星を選択する手法を習得させた。H28 年度からは、パリの LPNHE 研究所へ派遣し、膨大なデータから超新星と思われる候補天体を選び出すアルゴリズムの開発を共同で行った。また、プリンストン大学を訪問し、すばる望遠鏡解析ソフトウェアチームにも参画し、ネットワーキングの強化を図った。

## (2) 成果の概要

数学、理論物理学からの派遣者達は、それぞれに下記の様な成果を論文にまとめあげ、国内外の国際会議などで積極的に発表し、また、意欲的に国際会議を開催し、当該分野の昂揚にも寄与している。

数学より派遣された 3 名は、300 日以上派遣を達成した(戸田・319 日、松本・307 日、池田・303 日)。戸田は、派遣先の連携研究者である Maulik 氏と Gopakumar-Vafa 不変量の数学的定式化に関する共同研究を進め、数学と物理学の融合研究のひとつとして国際共著論文(arXiv:1610.07303)にまとめている。また、H27 年には香港大学の Zheng Hua 氏を Kavli IPMU 招へいし、3 次元フロップ収縮に伴う非可変代数に関する共同研究を行い、国際共著論文(arXiv:1601.04881)を完成させた。そのほか、本事業期間中に 5 本の論文を学術誌に発表した。派遣期間中は、Rutgers 大学や Harvard 大学でセミナー講演を行い交流の幅を広げている。招待講演も多く、北米、欧州、アジアの各国で開催された 10 件の国際会議にて本事業による成果を発表した。また、H28 年度には、Fudan 大学(中国)や国際理論物理学センター(イタリア)で開催されたスクールにも、当該分野を牽引する研究者として招かれ、導来圏上の安定性条件の空間の記述やモジュライ空間の構成、DT 不変量などこれまでに積み重ねてきた研究成果をアジアから欧州まで世界各国の若手研究者へ広め、数学界におけるプレゼンスを高めている。また、H28 年度末には、理論物理の山崎とともに国際 WS “Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations -“を Kavli IPMU にて開催し、成功を収めた。

松本は、Jussieu 数学研究所に滞在中に取り組んだ K3 曲面の自己同型の延長可能性の研究を完成し、2 本の論文にまとめ、プレプリントサーバーへ提出している(arxiv:1612.07569, 1611.02092)。また、韓国で開催された国際会議や、東京大学、京都大学など複数の大学でのセミナーやシンポジウムで招待講演としてこの成果を発表した。なお、松本は H28 年度より、職位を特任助教にあげ、名古屋大学に異動している。

池田は、国際的な研究機関の恵まれた環境で多くの研究者から示唆を得て研究活動を行なったことで、場の理論や弦理論に現れる数学的な構造の定式化に関する研究を進め、研究成果を 2 本の論文にまとめ公開している(arxiv:1612.00995, 1702.03918)。また、その研究成果をロシアで開催された国際会議にて発表した

理論物理学より派遣された 3 名も 300 日以上派遣を達成し(山崎・334 日、渡利・334 日、ヘラマン・332 日)、国際的な研究者ネットワークの強化に成功している。山崎は、超対称ゲージ理論に造詣が深いプリンストン高等研究所の Seiberg 氏、数理論物理の分野を切り開いてきたフィールズ賞受賞者 Witten 氏、位相的弦理論の立場からアプローチするハーバード大学の Cumrun Vafa 氏、ツイスター理論や AdS/CFT 対応からアプローチするオックスフォード大学の研究者らとの議論を通じて研究を進め、本事業期間中に 11 本の論文を完成させ、そのうち 8 本の国際共著論文が国際学術誌に発表されている。国際会議での招待講演数も 13 件と多く、積極的に研究成果の発表に努め、国際的なブ

レゼンスを向上させた。また、Kavli IPMUにおいて、国際WS“Resurgence at Kavli IPMU”を主催し、数学と物理学に現れる非線形問題に対し系統的に解を構成する Resurgence 理論の、ひも理論および超対象ゲージ理論について話題提供を行い、国内外の参加者から大変な好評を得た。数学の戸田と Kavli IPMU にて共催した国際WS“Mathematics and Superstring Theory -Unlocking the Mysteries of the Accelerating Universe through Superstring Theory and Astrophysical Observations -”からも、新たな数学と理論物理学の融合研究が生まれ、現在進行中である。

渡利は、ハーバード大学に滞在し、Cumrun Vafa 教授ら超弦理論グループのメンバーとともに、ヘテロ-II型超弦理論の双対性に関する研究を遂行し、本事業を通じて国際共著論文を含め2本の論文を国際学術誌に発表した。派遣中には、他にも3つのテーマで研究を始めており、それらの完成が待たれている。また、各国大学でのセミナー講演や国内外で開催された国際会議にて3回の研究成果の口頭発表(招待講演)を行い、研究成果の発表につとめた。

ヘラマンは、カリフォルニア工科大学に滞在し、Hirosi Ooguri 氏らとともに、一般相対性理論と量子力学を統合する最も有望な理論である超弦理論の研究を進め、同時期に滞在していた Ian Swanson 氏との国際共著論文を含む2本の論文を完成させた。米国滞在中は、各国の大学でセミナー講演を行ったほか、イタリアやポルトガルで開催された国際会議での招待講演など、精力的に量子重力理論に関する研究成果の発表を行い研究交流の幅を広げている。

**素粒子実験**もそれぞれに掲げた目標を十分に達成し、日本が主導している素粒子分野の国際共同実験を促進した。

T2K 実験より派遣されたマーク・ハーツは H26 年度から TRIUMF を訪問し、検出器 NuPRISM の開発を進めた。H26 年度は TRIUMF にある先進的なテストベンチ PTF を用い超純水中に設置した液中パーティクルカウンターや高速アナログ-デジタル変換器での初期テストを滞在先の研究者らと共同して行った。H27 年度は、これまでの検討結果を基に、T2HK、NuPRISM 計画主担当者としてリーダーシップを発揮し、NuPRISM 実験提案書を作成し、J-PARC プログラム諮問委員会に提出した。NuPRISM 計画推進のため、フェルミ研究所とも共同し、液体シンチレータと大面積ピコ秒光子検出器を開発する米国活動を支援する体制を築き、KEK 日米共同プログラムに提案書を提出した。H28 年度途中から長期間の派遣が困難となったが、その後も可能な限り TRIUMF を訪れ、また TRIUMF から共同研究者を受入、相互交流をはかることで NuPIRISM の試作品を完成させ、性能評価までを本事業期間中に行っている。NuPRISM 作成過程で得られた研究成果は、積極的に論文化し国際会議で発表し、国際的なプレゼンスの向上にも務めた。

Belle II 実験では、Belle II 実験の Executive Board Chair と SVD 開発グループの Quality Control Group (QCG) Chair を兼務しているイタリア・INFN の Francesesco Forti 氏を定期的に招へいし、SDV ラダー作成にあたり数々の助言を得るなどのネットワークの強化にも成功した。H27 年度には検出器開発・製作において、全量産期間における検出器の品質維持の方法(組立技術・人員の管理・スケジュール等)について助言を得て、製作体制に反映させた。また、インド・TIFR より研究者2名を長期間招へいし、崩壊点位置検出器(Vertex Detector, VXD)の外層を構成するシリコン崩壊点検出器・SVD ラダーの開発と製作の共同研究をすすめ、協働により 100 $\mu$ m のセンサー位置精度でラダーを作成する技術を確立させ、目標としていた量産ラインの稼働を実現した。並行して、2017 年夏ごろから作成したラダーを VXD 構造体へ取り付ける作業を開始する。今後は、2018 年の VXD 性能試験を目標とし、予定通り 2018 年の終わりごろから本格的に素粒子反応をとらえる実験を開始する予定である。

**すばる望遠鏡観測による宇宙観測**は、2017 年 2 月に HSC 宇宙探査初年度のデータを国立天文台、Kavli IPMU、プリンストン大学、台湾 ASIAA と共同で世界に向けて公開した。公開初日より世界中の研究者より注目を集め、大きな反響を得ている。本事業によって派遣された鈴木への貢献で、国際的な協力体制を強化することに成功し、5 年間 300 夜に渡る宇宙観測で得られる膨大なデータの解析に関しても、有効な手法が開発された。本事業による共同研究によって得られた成果の多くは、国際共同発表(7 件)および国際共著論文(11 本)として発表されている。今後は、すばる HSC による観測で得られた超新星のデータから、さらに各国の研究機関と共同して、ハッブル宇宙望遠鏡やケック望遠鏡などにより追観測を行う事で、宇宙の暗黒エネルギー測定が前進していくことが期待されている。

(3) 本事業を契機として新たに始まった国際共同研究

(件)

合計	うち、相手先機関以外
3	2

資料4. 共同研究成果の発表状況

① 学術雑誌等(紀要・論文集等も含む)に発表した論文又は著書

	<p>論文名・著書名 等                  (以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。)                  ・査読がある場合、印刷済及び採録決定済のものに限って記載して下さい。査読中・投稿中のものは除きます。                  ・本事業の研究成果で、DP(ディスカッション・ペーパー)、Web等の形式で公開されているものなど速報性のあるものも、3件以内で付記することができます。                  ・さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。                  ・著者名について、責任著者に「※」印を付してください。また、主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者には<u>下線</u>、派遣した若手研究者には<u>波線</u>、海外の主要連携研究者には<u>斜体・太下線</u>、連携研究者には<u>斜体・破線</u>を付してください。                  ・共同研究の相手側となる海外の研究機関との国際共著論文等には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共著論文については番号の前に「○」印を付してください。速報性のあるものについては番号の前に「□」印を付してください。                  ・当該論文の被引用状況について特筆すべき状況があれば付記してください。                  ・上記のうち、主な発表論文のコピー(A4版)を2件以内で添付し、添付したコピーの表紙等の右上にそれぞれに「事業番号」を記入するとともに、当該論文の番号の前に「★」印を付してください。</p>
◎ 1	<p>“Confirmation of a Star Formation Bias in Type Ia Supernova Distances and its Effect on the Measurement of the Hubble Constant”,                  M. Rigault※, G. Aldering, M. Kowalski, Y. Copin, P. Antilogus, C. Aragon, S. Bailey, C. Baltay, D. Baugh, S. Bongard, K. Boone, C. Buton, J. Chen, N. Chotard, H. K. Fakhouri, U. Feindt, P. Fagrellius, M. Fleury, D. Fouchez, E. Gangler, B. Hayden, A. G. Kim, P.-F. Leget, S. Lombardo, J. Nordin, <u>R. Pain</u>, E. Pecontal, R. Pereira, S. Perlmutter, D. Rabinowitz, K. Runge, D. Rubin, C. Saunders, G. Smadja, C. Sofiatti, <u>N. Suzuki</u>, C. Tao, and B. A. Weaver                  Astrophysical Journal, Volume 802, 20, (2015). 査読有</p>
◎ 2	<p>“Distance Probes of Dark Energy”,                  A.G. Kim※, N. Padmanabhan, G. Aldering, S.W. Allen, C. Baltay, R.N. Cahn, C.B. D’Andrea, N. Dalal, K.S. Dawson, K.D. Denney, D.J. Eisenstein, D.A. Finley, W.L. Freedman, S. Ho, D.E. Holz, D. Kasen, S.M. Kent, R. Kessler, <u>S. Kuhlmann</u>, E.V. Linder, P. Martinih, P.E. Nugent, S. Perlmutter, B.M. Peterson, A.G. Riess, D. Rubin, M. Sako, N.V. Suntzeff, <u>N. Suzuki</u>, R.C. Thomas, W.M. Wood-Vasey, S.E. Woosley                  Astroparticle Physics, Volume 63, 2, (2015). 査読有</p>
◎ 3	<p>“Letter of Intent to Construct a nuPRISM Detector in the J-PARC Neutrino Beamline”,                  S.Bhadra, A. Blondel, S. Bordonni, A. Bravar, C. Bronner, J. Caravaca-Rodriguez, M. Dziewiecki, T. Feusels, G.A. Fiorentini-Aguirre, M. Friend, L. Haegel, <u>M. Hartz</u>, R. Henderson, T. Ishida, M. Ishitsuka, C.K. Jung, A.C. Kaboth, H. Kakuno, H. Kamano, <u>A. Konaka</u>, et al., Letter of Intent to Construct a nuPRISM Detector in the J-PARC Neutrino Beamline, arXiv:1412.3086, (2014). 査読無</p>
◎ 4	<p>“First results of the Belle II Silicon Vertex Detector readout system”,  <u>M. Friedl</u>※, T.Bergauer, F.Buchsteiner, G.Casarosa, F.Forti, K.Hara, <u>T.Higuchi</u>, et al., JINST 9, 12005, (2014). 査読有</p>
5	<p>“Non-commutative width and Gopakumar-Vafa invariants”, <u>Yukinobu Toda</u>, Manuscripta Math, 査読有, 148 巻, 521-533, (2015)</p>
6	<p>“Flops and the S-duality conjecture”, <u>Yukinobu Toda</u>, Duke Math, 査読有, 164 巻, 2293-2339, (2015)</p>
7	<p>“S-duality for surfaces with A<sub>n</sub>-type singularities”, <u>Yukinobu Toda</u>, Math Ann, 査読有, 363 巻, 679-699, (2015)</p>



○ 8	“Casimir energy of confining large N gauge theories”, Gokce Basar, Aleksey Cherman, David A. McGady and <u>Masahito Yamazaki</u> , Phys. Rev. Lett., 査読有, 114, 251604, (2015)
○ 9	“Quantum Dilogarithm Identities at Root of Unity”, Ivan Chi-Ho Ip and <u>Masahito Yamazaki</u> , Int. Math. Res., 査読有, (2015)
○ 10	“Temperature-reflection Symmetry”, Gocke Basar, Aleksey Cherman, David A. McGady, and <u>Masahito Yamazaki</u> , Phys. Rev., 査読有, D91, 106004, (2015)
○ 11	“Integrability from 2d N=(2,2) Dualities”, Wenbin Yan and <u>Masahito Yamazaki</u> , J. Phys. 査読有, A 48, 394001, (2015), a part of JPA special issue “Exactly Solved Models and Beyond: a special issue in honour of R. J Baxter's 75th birthday“
○ 12	“Integral Amplitude Deformations for N=4 Super Yang-Mills and ABJM Theory”, Till Bargheer, Yu-tin Huang, Florian Loebbert and <u>Masahito Yamazaki</u> , Phys. Rev., 査読有, D91, 026004, (2015)
13	“Statistics of F-theory Flux Vacua for Particle Physics,” <u>Taizan Watari</u> , JHEP, 査読有, 065, 1511, (2015)
14	「超弦理論のコンパクト化 After Thirty Years」、 <u>渡利泰山</u> 、日本物理学会誌、査読有、Vol. 71, No. 6, 2016 ,P362
○ 15	“On the conformal operator spectrum at large global charge”, <u>S. Hellerman</u> , D. Orlando, S. Reffert, M. Watanabe, JHEP, 査読有, 071, 1512, (2015)
◎ 16	“Physics Potential of Long-baseline Neutrino Oscillation Experiment Using a J-PARC Neutrino Beam and Hyper-Kamiokande”, K. Abe, H. Aihara, <u>M. Hartz</u> et al., Prog. Theor. Exp. Phys., 査読有, 053C02 1-35, (2015) , 186 authors, list is alphabetical.
◎ 17	“Neutrino Oscillation Physics Potential of the T2K Experiment”, K. Abe, J. Adam, <u>M. Hartz</u> et al., Prog. Theor. Exp. Phys., 査読有, 043C01, 1-36, (2015), Refereed, 329 authors, list is alphabetical
◎ 18	“Proposal for the NuPRISM Experiment in the J-PARC Neutrino Beamline”, S.Bhadra, <u>M. Hartz</u> et al., submitted to the J-PARC Program Advisory Committee, 査読有, (2015),55 authors, list is alphabetical.
○ 19	“Detection of stacked filament lensing between SDSS luminous red galaxies”, J. Clampitt*, H. Miyatake, B. Jain, <u>M. Takada</u> , MNRAS, 査読有, 457, 2391-2400, (2016)
◎ 20	“Evidence of Halo Assembly Bias in Massive Clusters”, H. Miyatake, S. More, <u>M. Takada</u> , et al., Phys. Rev. Letters, 査読有, 116, 041301-4, (2016)
○ 21	“Detection of universality of dark matter profile from Subaru weak lensing measurements of 50 massive clusters”, N. Hiroko, <u>M. Takada</u> , et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 査読有, 67, 10324-48, (2015)
◎ 22	“The Weak Lensing Signal and the Clustering of BOSS Galaxies. II. Astrophysical and Cosmological Constraints”, S. More, H. Miyatake, R. Mandelbaum, <u>M. Takada</u> , et al., The Astrophys. J., 806, 2-18, (2015)
◎ 23	“The Weak Lensing Signal and the Clustering of BOSS Galaxies. I. Measurements”, H. Miyatake, S. More, R. Mandelbaum, <u>M. Takada</u> , et al., The Astrophys. J., 806, 1-15, (2015)

◎ 24	"Improving Cosmological Distance Measurements Using Twin Type Ia Supernovae", Fakhouri, H. K.※; <u>Suzuki, N.</u> et al., Astrophysical Journal, 査読有, 815, 58, (2015)
◎ 25	"Shadow of a Colossus: A $z = 2.44$ Galaxy Protocluster Detected in 3D Ly $\alpha$ Forest Tomographic Mapping of the COSMOS Field", Lee, Khee-Gan※; <u>Suzuki, Nao</u> et al., Astrophysical Journal, 査読有, 817, 160, (2016)
◎ 26	"The SDSS-IV Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Overview and Early Data", <u>Dawson, Kyle S.</u> ※; <u>Suzuki, Nao</u> et al., Astronomical Journal, 査読有, 151, 44, (2016)
◎ 27	"The Eleventh and Twelfth Data Releases of the Sloan Digital Sky Survey: Final Data from SDSS-III", Alam, Shadab; <u>Suzuki, Nao</u> et al., Astrophysical Journal, 査読有, 219, 12, (2015)
28	"Gepner type stability condition via Orlov/Kuznetsov equivalence", <u>Yukinobu Toda</u> , Int Math Res Notices, 24–82 (2016), (査読あり)
29	"Stable pair invariants on Calabi-Yau 3-folds containing P <sup>2</sup> ", <u>Yukinobu Toda</u> , Geometry and Topology, 20: 555–611(2016), (査読あり)
○ 30	"Gauging and Decoupling in 3d N=2 Dualities", Jeongseog Lee※ and <u>Masahito Yamazaki</u> , JHEP 06, 077 (2016), (査読あり)
◎ 31	"Aspects of Defects in 3d-3d Correspondence", Mauricio Romo and <u>Masahito Yamazaki</u> ※et.al., JHEP 1610, 062 (2016), (査読あり)
◎ ★ 32	"Taming Supersymmetric Defects in 3d-3d Correspondence", Mauricio Romo and <u>Masahito Yamazaki</u> ※ et.al., J. Phys. A: Math. Theor. 49, 30LT02 (2016), (査読あり)
○ 33	"Heterotic-Type IIA Duality and Degenerations of K3 Surfaces", Andreas P. Braun※ and <u>Taizan Watari</u> , JHEP 1608 (2016) 034, (査読あり)
34	"Vector-Like Pairs and Brill--Noether Theory", <u>Taizan Watari</u> , Phys.Lett.B762 (2016), 145-150, (査読あり)
◎ 35	"Measurement of Coherent $\pi^+$ Production in Low Energy Neutrino-Carbon Scattering", Steven Boyd※, <u>Akira Konaka</u> , <u>M. Hartz</u> , et al., Phys. Rev. Lett. 117, (2016), 192501, (査読あり)
◎ 36	"First measurement of the muon neutrino charged current single pion production cross section on water with the T2K near detector", Linda Cremonesi※, <u>Akira Konaka</u> , <u>M. Hartz</u> , et al., Phys. Rev. D95 (2017), 012010, (査読あり)
◎ 37	"Search for proton decay via $p \rightarrow e^+ \pi^0$ and $p \rightarrow \mu^+ \pi^0$ in 0.31 megaton-years exposure of the Super-Kamiokande water Cherenkov detector", Makoto Miura※, <u>Akira Konaka</u> , <u>M. Hartz</u> , et al., Phys. Rev. D95 (2017), 012004, (査読あり)
◎ ★ 38	"The silicon vertex detector of the Belle II experiment", K. Adamczyk, <u>E. Forti</u> , <u>T.Higuchi</u> ※, et al., Nucl. Instrum. Methods A 824, 406–410 (2016), (査読あり)

◎ 39	"Belle-II VXD radiation monitoring and beam abort with sCVD diamond sensors", K. Adamczyk, <u>E. Forti</u> , <u>T.Higuchi</u> , Lorenzo Vitale※, et al., Nucl. Instrum. Methods A 824, 480-482(2016), (査読あり)
◎ 40	"Belle II SVD ladder assembly procedure and electrical Qualification", K. Adamczyk, <u>E. Forti</u> , <u>T.Higuchi</u> , Varghese Babu※, et al., Nucl. Instrum. Methods A 824, 381-383 (2016), (査読あり)
◎ 41	"A bonding study toward the quality assurance of Belle-II silicon vertex detector modules", K. Kang, <u>E. Forti</u> , <u>T.Higuchi</u> , H. Park※, et al., Nucl.Instrum.Meth, A831 213--220 (2016), (査読あり)
◎ 42	"The Silicon Vertex Detector of the Belle II Experiment", K. Adamczyk, <u>E. Forti</u> , <u>T.Higuchi</u> , Antonio Paladino※, et al., PoS (ICHEP2016) 248 (2016). (査読なし)
○ 43	"Spectral Evolution in High Redshift Quasars from the Final Baryon Oscillation Spectroscopic Survey Sample", Trey Jensen※, <u>Nao Suzuki</u> et al. Astrophysical Journal, 833,199 (2016), (査読あり)
◎ 44	"The Extinction Properties of and Distance to the Highly Reddened Type IA Supernova 2012CU", Xiaosheng Huang※, <u>Reynald Pain</u> , <u>Nao Suzuki</u> et al. Astrophysical Journal, 836, 157 (2017), (査読あり)
○ 45	"The Composite Spectrum of BOSS Quasars Selected for Studies of the Ly $\alpha$ Forest", David Harris※, <u>Nao Suzuki</u> et al. Astronomical Journal, 151, 155, (2016), (査読あり)
◎ 46	"Cosmic Galaxy-IGM HI Relation at $z \sim 2-3$ Probed in the COSMOS/UltraVISTA 1.6 deg <sup>2</sup> Field", Shiro Mukae※, Koki Kakiichi, <u>Nao Suzuki</u> et al. Astrophysical Journal, 835, 281 (2017), (査読あり)
◎ 47	"Isophote Shapes of Early-type Galaxies in Massive Clusters at $z \sim 1$ and 0", Kazuma Mitsuda※, Greg Aldering, Joshua Meyers, <u>Nao Suzuki</u> , <u>Naoki Yasuda</u> , et al., Astrophysical Journal, 834, 109 (2017), (査読あり)

## ② 学会等における発表

	<p>発表題名 等</p> <p>(発表題名、発表者名、発表した学会等の名称、開催場所、口頭発表・ポスター発表の別、審査の有無、発表年月(西暦)について記入してください。)</p> <p>(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。)</p> <p>・発表者名は参加研究者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載すること。共同発表者がいる場合は、全ての発表者名を記載し、主たる発表者名は「※」印を付して下さい。発表者名について主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者には<u>下線</u>、派遣した若手研究者には<u>波線</u>、海外の主要連携研究者には<u>斜体・太下線</u>、連携研究者には<u>斜体・破線</u>を付してください。</p> <p>・口頭・ポスターの別、発表者決定のための審査の有無を区分して記載して下さい。</p> <p>・さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。</p> <p>・共同研究の相手側となる海外の研究機関の研究者との国際共同発表には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共同発表については番号の前に○印を付してください。</p>
◎ 1	<p>“See-Change: an HST Program to probe Dark Energy Time Variation”, Hayden, Brian; Perlmutter, Saul; Nordin, Jakob; Rubin, David; Lidman, Chris; Deustua, Susana E.; Fruchter, Andrew S.; Aldering, Greg Scott; Brodwin, Mark; Cunha, Carlos E.; Eisenhardt, Peter R.; Gonzalez, Anthony H.; Jee, Myungkook J.; Hildebrandt, Hendrik; Hoekstra, Henk; Santos, Joana; Stanford, S. Adam; Stern, Daniel; Fassbender, Rene; Richard, Johan; Rosati, Piero; Wechsler, Risa H.; Muzzin, Adam; Willis, Jon; Boehringer, Hans; Gladders, Michael; Goobar, Ariel; Amanullah, Rahman; Hook, Isobel; Huterer, Dragan; Huang, Xiaosheng; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Linder, Eric; <u>Pain, Reynald</u>; Saunders, Clare; <u>Suzuki, Nao</u>; Barbary, Kyle H.; Rykoff, Eli S.; Meyers, Joshua; Sofiatti, Caroline; Wilson, Gillian; Rozo, Eduardo; Hilton, Matt; Spadafora, Anthony L. American Astronomical Society Annual Meeting, Seattle, Jan. (2015) Poster 査読無</p>
◎ 2	<p>“The Union 3 Supernova Ia Compilation”, Rubin, David; Aldering, Greg Scott; Amanullah, Rahman; Barbary, Kyle H.; Bruce, Adam; Chappell, Greta; Currie, Miles; <u>Dawson, Kyle S.</u>; Deustua, Susana E.; Doi, Mamoru; Fakhouri, Hannah; Fruchter, Andrew S.; Gibbons, Rachel A.; Goobar, Ariel; Hsiao, Eric; Huang, Xiaosheng; Ihara, Yutaka; Kim, Alex G.; Knop, Robert A.; Kowalski, Marek; Krechmer, Evan; Lidman, Chris; Linder, Eric; Meyers, Joshua; Morokuma, Tomoki; Nordin, Jakob; Perlmutter, Saul; Ripoche, Pascal; Rykoff, Eli S.; Saunders, Clare; Spadafora, Anthony L.; <u>Suzuki, Nao</u>; Takanashi, Naohiro; <u>Yasuda, Naoki</u>; Supernova Cosmology Project American Astronomical Society Annual Meeting, Seattle, Jan. (2015) Poster 査読無</p>
◎ 3	<p>“Cosmology with the Nearby Supernova Factory”, Aldering, Greg; Rigault, Mickael; Rubin, David; Aragon, Cecilia; Bailey, Stephen; Baltay, Charles; Birchall, Dan; Bongard, Sebastien; Boone, Kyle; Buton, Clement; Childress, Michael; Chotard, Nicolas; Copin, Yannick; Fagrelus, Parker; Fakhouri, Hannah; Feindt, Ulrich; Fleury, Mathilde; Fouchez, Dominique; Gangler, Emmanuel; Hayden, Brian; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Leget, Pierre-Francois; Lombardo, Simona; Nordin, Jakob; Pain, Reynald; Pecontal, Emmanuel; Pereira, Rui; Perlmutter, Saul; Rabinowitz, David L.; Runge, Karl; Saunders, Clare; Scalzo, Richard A.; Smadja, Gerard; Sofiatti, Caroline; <u>Suzuki, Nao</u>; Tao, Charling; Thomas, Rollin; Weaver, Benjamin; Nearby Supernova Factory American Astronomical Society Annual Meeting, Seattle, Jan. (2015) Poster 査読無</p>
◎ 4	<p>“Status of the Photosensor Test Facility at TRIUMF”, Tom Fuesels, 6th Open Meeting for the Hyper-Kamiokande Project, Chiba, Jan. (2015) 口頭発表 査読無 ※共同研究として謝辞に、<u>マーク・ハーツ</u>が記載されている。</p>

◎ 5	“Hyper-K Electronics: FADC and Communication Options”, Thomas Lindner, 6th Open Meeting for the Hyper-Kamiokande Project, Chiba, Jan. (2015) 口頭発表 査読無 ※共同研究として謝辞に、 <u>マーク・ハーツ</u> が記載されている。
6	“S-duality conjecture and Donaldson-Thomas invariants”, <u>Yukinobu Toda</u> , String-Math, Sanya International Mathematical Forum, 招待講演(口頭), 2016年1月
7	“Extendability of automorphisms of K3 surfaces”, <u>Yuya Matsumoto</u> , Séminaire de théorie des nombres de l'IMJ-PRG(訳: Jussieu-Paris Rive Gauche 数学研究所整数論セミナー), Jussieu (Paris, France), 口頭発表(審査なし), 2016年3月
8	“Integrability as Duality”, <u>M. Yamazaki</u> , Berkeley Math-Physics Meeting, UC Berkeley, 招待講演(口頭), 2015年4月
9	“Gauge/YBE Correspondence”, <u>M. Yamazaki</u> , IGST 2015, King's College London, 招待講演(口頭), 2015年7月
10	“Yang-Baxter Duality”, <u>M. Yamazaki</u> , Baxter 2015: Exactly Solved Models & Beyond, Palm Cove, Palm Cove, Australia, 招待講演(口頭), 2015年7月
11	“Knots in 3d-3d Correspondence”, <u>M. Yamazaki</u> , Master Lectures on Mathematical Physics: Edward Witten, Sanya, China, 招待講演(口頭), 2015年12月
12	“Dilogarithm Identities and Cluster Algebras”, <u>M. Yamazaki</u> , Lecture at Tokyo-Berkeley Summer School "Geometry and Mathematical Physics", 千葉県柏市, 招待講演(口頭), 2015年7月
13	“Heterotic string solitons and degeneration of K3 surface”, <u>Taizan Watari</u> , at a workshop “F-theory@20”, held at Caltech, Pasadena, USA, 招待講演(口頭), 2016年2月
14	“ <u>String Theory of the Regge Intercept</u> ”, <u>S. Hellerman</u> , “Flux Tubes”, Perimeter, Waterloo, Ontario, Canada 2015年5月
15	“BIG J and the Duality Between Lagrangians and Bootstraps”, <u>S. Hellerman</u> , Back To The Bootstrap 2015, Weizmann Institute, Rehovot, Israel, 2015年5月
16	“Confronting Neutrino-Nucleus Interactions at $E \sim 1$ GeV with the NuPRISM Detector”, <u>M. Hartz</u> , Collaboration Meeting on Neutrino-nucleus Reaction, KEK Theory Center, 講演(口頭), 2015年
17	“Impact of Systematic Uncertainties on Hyper-K”, <u>M. Hartz</u> , XVII International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities, 講演(口頭), 2015年
18	“Near Detectors: Current Limitations and Future Needs”, <u>M. Hartz</u> , Workshop for Neutrino Programs with Facilities in Japan, 講演(口頭), 2015年
19	“Connecting halo and galaxies”, <u>M. Takada</u> , “Statistics of Extrema in Large Scale Structure”, Leiden Univ., Netherlands, 招待講演(口頭), 2016年3月
20	“Halo bias”, <u>M. Takada</u> , “Cosmology and First Light”, IAP, France, 招待講演(口頭), 2015年12月

21	“Why does the Universe speed up? - Exhausted study and challenge for the future”, <u>M. Takada</u> , Workshop for Unification and Development of the Neutrino Science Frontier, Yugawara, Japan, 招待講演(口頭), 2015年12月
◎ 22	“See Change: First Results from the Supernova Cosmology Project High Redshift Cluster Supernova Survey”, Hayden, Brian※; Aldering, Greg Scott; Amanullah, Rahman; Barbary, Kyle H.; Boehringer, Hans; Brodwin, Mark; Cunha, Carlos E.; Deustua, Susana E.; Dixon, Samantha; Eisenhardt, Peter R.; Fagrelus, Parker; Fassbender, Rene; Fruchter, Andrew S.; Gladders, Michael; Gonzalez, Anthony H.; Goobar, Ariel; Hildebrandt, Hendrik; Hilton, Matt; Hoekstra, Henk; Hook, Isobel; Huang, Xiaosheng; Huterer, Dragan; Jee, James; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Lidman, Chris; Linder, Eric; Luther, Kyle; Meyers, Joshua; Muzzin, Adam; Nordin, Jakob; <u>Pain, Reynald</u> ; Perlmutter, Saul; Richard, Johan; Rosati, Piero; Rozo, Eduardo; Rubin, David; Rykoff, Eli S.; Santos, Joana; Saunders, Clare; Sofiatti, Caroline; Spadafora, Anthony L.; Stanford, S. Adam; Stern, Daniel; <u>Suzuki, Nao</u> ; Wechsler, Risa H.; Willis, Jon; Wilson, Gillian; Yen, Mike American Astronomical Society Annual Meeting, Florida, 査読無, ポスター, 2016年1月
◎ 23	“Using Twin Type Ia Supernovae to Improve Cosmological Distance Measurements”, Boone, Kyle ※; Fakhouri, Hannah; Aldering, Greg Scott; Antilogus, Pierre; Aragon, Cecilia; Bailey, Stephen J.; Baltay, Charles; Barbary, Kyle H.; Baugh, Derek; Birchall, Dan; Bongard, Sebastien; Buton, Clement; Cellier-Holzem, Flora; Chen, Juncheng; Childress, Michael; Chotard, Nicolas; Copin, Yannick; Fagrelus, Parker; Feindt, Ulrich; Fleury, Mathilde; Fouchez, Dominique; Gangler, Emmanuel; Hayden, Brian; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Leget, Pierre-Francois; Lombardo, Simona; Nordin, Jakob; Nugent, Peter E.; <u>Pain, Reynald</u> ; Pecontal, Emmanuel; Pereira, Rui; Perlmutter, Saul; Rabinowitz, David L.; Ren, James; Rigault, Mickael; Rubin, David; Runge, Karl; Saunders, Clare; Scalzo, Richard A.; Smadja, Gerard; Sofiatti, Caroline; Strovink, Mark; <u>Suzuki, Nao</u> ; Tao, Charling; Thomas, Rollin; Weaver, Benjamin , American Astronomical Society Annual Meeting, Florida, 査読無, ポスター, 2016年1月
○ 24	“Spectral Evolution in High Redshift Quasars from the Final BOSS Sample”, Jensen, Trey※; Bautista, Julian; Dawson, Kyle; Harris, David; Kamble, Vikrant; Mariappan, Vivek; <u>Suzuki, Nao</u> , American Astronomical Society Annual Meeting, Florida, 査読無, ポスター, 2016年1月
25	“Exploring 25 Trillions of Pixels of the Universe through Machine Learning”, <u>Suzuki, Nao</u> , The 47th ISCTE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 招待講演(口頭), 2015年12月
26	“Spectral Evolution in High Redshift Quasars from the Final BOSS Sample”, Jensen, Trey; Bautista, Julian; Dawson, Kyle; Harris, David; Kamble, Vikrant; Mariappan, Vivek; <u>Suzuki, Nao</u> , American Astronomical Society Annual Meeting, Florida, 査読無, ポスター, 2016年1月
27	“Rationality in higher rank DT theory”, <u>Yukinobu Toda</u> , Tokyo-Princeton Algebraic Geometry Conference, Princeton Univ., USA, 2016年5月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
28	“Non-commutative deformations and Donaldson-Thomas invariants”, <u>Yukinobu Toda</u> , 2016 Chengdu International Conference on Gromov-Witten Theory, 四川大学, 中国, 2016年5月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
29	“Wall-crossing formulas of higher rank DT invariants”, <u>Yukinobu Toda</u> , Calabi-Yau Varieties: Arithmetic, Geometry and Physics, Herstmonceux Castle, UK, 2016年6月, 審査無, 招待講演(口頭発表)

30	"Gopakumar-Vafa invariants via vanishing cycles", <u>Yukinobu Toda</u> , KMS-MSJ joint meeting., Korea, 2017年10月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
31	"Gopakumar-Vafa invariants via vanishing cycles", <u>Yukinobu Toda</u> , Algebraic Geometry and Integrable systems, Kobe Univ., Japan, 2017年12月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
32	"Gopakumar-Vafa invariants via vanishing cycles", <u>Yukinobu Toda</u> , Geometry, Moduli spaces of sheaves and related topics, Kyoto Univ., Japan, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
33	"Gopakumar-Vafa invariants via vanishing cycles", <u>Yukinobu Toda</u> , Geometry, Analysis and Mathematical Physics, Kyoto Univ., Japan, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
34	"Generalized DT invariants and NC deformations", <u>Yukinobu Toda</u> , Geometry, Derived categories and birational geometry, Osaka Univ., Japan, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
35	"Gopakumar-Vafa type invariants for Calabi-Yau 4-folds", <u>Yukinobu Toda</u> , New developments of algebraic geometry viewed from theoretical physics, Kyoto Univ., Japan, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
36	"K3 曲面の自己同型の延長可能性", <u>松本雄也</u> , 玉原数論幾何研究集会 2016, 東京大学玉原国際セミナーハウス, 2016年6月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
37	"Degeneration of K3 surfaces and automorphisms", <u>Yuya Matsumoto</u> , Workshop on Shimura varieties, representation theory and related topics, 京都大学, 2016年11月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
38	"Degeneration of K3 surfaces and automorphisms", <u>Yuya Matsumoto</u> , Workshop on Fano varieties and Calabi-Yau varieties, 神戸大学, 2017年1月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
39	"Degeneration of K3 surfaces and automorphisms", <u>Yuya Matsumoto</u> , 数論幾何研究報告会, 東京大学, 2017年3月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
40	"Degeneration of K3 surfaces and automorphisms", <u>Yuya Matsumoto</u> , 野田シンポジウム, 東京理科大学, 2017年3月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
41	"Frobenius structures on Hurwitz spaces and confluent KZ equations", <u>Akishi Ikeda</u> , Categorical and analytic invariants in Algebraic geometry 3, HSE, Russia, 2016年9月, 審査無, (口頭発表)
42	"QFT 4.0", <u>Masahito Yamazaki</u> , PCTS 10th anniversary celebration, Princeton University, 2016年5月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
43	"Mirror Symmetry, Integrability and Quivers", <u>Masahito Yamazaki</u> , FRG workshop "Special Holonomy Geometry, Mirror, and Supersymmetry", Harvard University, 2016年5月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
44	"Quantum hyperbolic geometry and cluster 3d N=2 theories", <u>Masahito Yamazaki</u> , Workshop on Volume Conjecture and Quantum Topology, Waseda University, 2016年9月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
45	"Integrability from Four-Dimensional Gauge Theory", <u>Masahito Yamazaki</u> , Workshop on Geometric correspondence of Gauge Theories, ICTP, 2016年9月, 審査無, 招待講演(口頭発表)

46	"Supersymmetric Gauge Theories and Yang-Baxter Equation", <u>Masashito Yamazaki</u> , Colloquium "Gauge theory, star-triangle relation and elliptic hypergeometric integrals", University of Tokyo, Komaba, 2016年12月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
47	"Quivers, cluster algebra and mathematical physics", <u>Masahito Yamazaki</u> , Institute of Mathematical Science, Chinese University of Hong Kong, 2016年12月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
48	"Geometry of 3-manifolds and Complex Chern-Simons Theory", <u>Masahito Yamazaki</u> , Colloquim at center for mathematical sciences and applications, Harvard University, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
49	"Integrability from Four-dimensional Gauge Theory", <u>Masahito Yamazaki</u> , Workshop on quantum fields, knots and integrable systems, ICMS, Edinburgh, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
50	"Heterotic--Type IIA duality and degeneration of K3 surface", <u>Taizan Watari</u> , Southeastern regional mathematical string theory meeting, Virginia Tech Univ., 2016年4月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
51	"Heterotic-IIA duality map of discrete data", <u>Taizan Watari</u> , String theory in greater Tokyo, 首都大学東京, 2016年11月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
52	"Revisiting Kronecker's Jugendtraum", <u>Taizan Watari</u> , New Ideas in String Phenomenology 2017, DESY Hamburg, 2017年2月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
53	"Quantum Gravity in the 21st Century ", <u>Simeon Hellerman</u> , Physics Department Colloquium, University of Bern, Bern, Switzerland, 2016年5月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
54	"From operators to moduli ", <u>Simeon Hellerman</u> , GGI bootstrap conference, Florence, Italy, 2016年6月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
55	" From operators to moduli ", <u>Simeon Hellerman</u> , Resurgence Workshop, IFT, Lisbon, 2016年6月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
56	"Quantum Information Theory Of The Gravitational Anomaly", <u>Simeon Hellerman</u> , Statistics, Quantum Information and Gravity, Kavli IPMU, Univ.Tokyo, 2016年9月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
57	"The Long Baseline Neutrino Program at T2K and Hyper-K", <u>Mark Hartz</u> , TRIUMF User Group Annual General Meeting, TRIUMF, Canada, 2016年7月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
58	"The Hyper-K Experiment", <u>Mark Hartz</u> , NuFact16: International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities, Quy Nhon, Vietnam, 2016年8月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
59	"Improved Physics Potential with T2HKK", <u>Mark Hartz</u> , Korean Physical Society Pioneer Symposium - T2HKK: A Second Hyper-K Detector in Korea, 光州広域市, Korea, 2016年10月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
60	"Near Detector Challenges for T2K and Hyper-K", <u>Mark Hartz</u> , Workshop on Neutrino Near Detectors Based on Gas TPCs, CERN, 2016年11月, 審査無, 招待講演(口頭発表)
61	"Determination of the CP Phase and Mass Ordering with a Detector in Korea", <u>Mark Hartz</u> , First Workshop on the Second Hyper-Kamiokande, Seoul National University, Korea, 2016年11月, 審査無, 招待講演(口頭発表)



◎ 62	<p>“The Extinction Properties of and Distance to the Highly Reddened Type IA Supernova 2012CU”, Xiaosheng Huang※; Raha, Zachary; Aldering, Greg Scott; Antilogus, Pierre; Bailey, Stephen J.; Charles, Baltay; Barbary, Kyle H.; Baugh, Derek; Boone, Kyle; Bongard, Sebastien; Buton, Clement; Chen, Juncheng; Chotard, Nicolas; Copin, Yannick; Fagrelus, Parker; Fakhouri, Hannah; Feindt, Ulrich; Fouchez, Dominique; Gangler, Emmanuel; Hayden, Brian; Hillebrandt, Wolfgang; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Leget, Pierre-Francois; Lombardo, Simona; Nordin, Jakob; <u>Pain, Reynald</u>; Pecontal, Emmanuel; Pereira, Rui; Perlmutter, Saul; Rabinowitz, David L.; Rigault, Mickael; Rubin, David; Runge, Karl; Saunders, Clare; Smadja, Gerard; Sofiatti, Caroline; Stocker, Andrew; <u>Suzuki, Nao</u>; Taubenberger, Stefan; Tao, Charling; Thomas, Rollin, American Astronomical Society Annual Meeting, Texas, 2017年1月, 審査無(ポスター発表)</p>
◎ 63	<p>“See Change: the Supernova Sample from the Supernova Cosmology Project High Redshift Cluster Supernova Survey”, Hayden, Brian※; Perlmutter, Saul; Boone, Kyle; Nordin, Jakob; Rubin, David; Lidman, Chris; Deustua, Susana E.; Fruchter, Andrew S.; Aldering, Greg Scott; Brodwin, Mark; Cunha, Carlos E.; Eisenhardt, Peter R.; Gonzalez, Anthony H.; Jee, James; Hildebrandt, Hendrik; Hoekstra, Henk; Santos, Joana; Stanford, S. Adam; Stern, Daniel; Fassbender, Rene; Richard, Johan; Rosati, Piero; Wechsler, Risa H.; Muzzin, Adam; Willis, Jon; Boehringer, Hans; Gladders, Michael; Goobar, Ariel; Amanullah, Rahman; Hook, Isobel; Huterer, Dragan; Huang, Xiaosheng; Kim, Alex G.; Kowalski, Marek; Linder, Eric; <u>Pain, Reynald</u>; Saunders, Clare; <u>Suzuki, Nao</u>; Barbary, Kyle H.; Rykoff, Eli S.; Meyers, Joshua; Spadafora, Anthony L.; Sofiatti, Caroline; Wilson, Gillian; Rozo, Eduardo; Hilton, Matt; Ruiz-Lapuente, Pilar; Luther, Kyle; Yen, Mike; Fagrelus, Parker; Dixon, Samantha; Williams, Steven American Astronomical Society Annual Meeting, Texas, 2017年1月, 審査無(ポスター発表)</p>
64	<p>“A Perfect Blackbody in the Sky”, <u>Nao Suzuki</u>, Detecting the Unexpected Discovery in the Era of Astronomically Big Data, Space Telescope Science Institute, Baltimore MD, USA, 2017年3月, 審査無, 招待講演(口頭発表)</p>