

令和2年度(2020年度) 独立行政法人日本学術振興会
研究拠点形成事業 - A . 先端拠点形成型 -
申請書

申請番号 20050011-000001

小区分コード	15020
小区分	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関連する実験
書面審査区分	素粒子、原子核、宇宙物理学およびその関連分野
合議審査区分	数物系科学

2019年9月30日

【研究拠点機関名等】

拠点機関名	(和文)* 名古屋大学
	(英文)* Nagoya University
機関長職・氏名 (実施組織代表者)	(職名) 総長
	(氏名) 松尾清一

【日本側コーディネーター】

氏名	(漢字等)(姓) 久野	(名) 純治
	(ローマ字)(姓) HISANO	(名) Junji
	* (フリガナ)(姓) ヒサノ	(名) ジュンジ
所属機関名	(コード)13901 (和文) 名古屋大学	
	(英文) Nagoya University	
部局名	(コード) 2309 (和文) 基礎理論研究センター	
	(英文)* Center for Theoretical Studies	
部局種別	学内共同教育研究施設	
職名	(和文)* 教授	
	(英文)* Professor	
e-Rad 研究者番号	* 60300670	
所属機関 連絡先	Email : hisano@eken.phys.nagoya-u.ac.jp	

【申請課題名等】

研究交流 課題名	(和文：桁数は40字以内。化学式、数式は使用不可。) * 領域横断的アプローチで実現する宇宙暗黒物質解明のための国際研究拠点構築
	(英文) International research network to reveal dark matter in the universe by multidisciplinary approach in particle and astrophysics *
交流実施期間	* 2020 年 4 月 1 日 ~ 2025 年 3 月 31 日 (60 か月間)

【申請経費（単位：千円） 千円未満は切り捨てる】

申請経費総額 89,570 千円

年度	研究交流 経費(千円)	使用内訳(千円)				
		旅費	設備備品費	消耗品費	謝金	その他
令和2年度	17,920	16,620	0	300	600	400
令和3年度	17,910	17,010	0	300	600	0
令和4年度	17,910	17,010	0	300	600	0
令和5年度	17,910	17,010	0	300	600	0
令和6年度	17,920	16,620	0	300	600	400
総計	89,570	84,270	0	1,500	3,000	800

【参加研究者（コーディネーターを除く）】

協力機関数	7 機関	参加人数	26 名
協力機関名	東京大学 新潟大学 神戸大学 広島大学 東邦大学 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 東北大学		

【参加研究者（コーディネーターを除く）】

氏名	機関名 部署名 職名	学位 取得年 専門分野	区分
飯嶋 徹	(13901) 名古屋大学	博士（理学）	拠点機関
イイジマ トオル	(2370) 現象解析研究センター 教授	1995 素粒子実験	
清水 裕彦	(13901) 名古屋大学	理学博士	拠点機関
シミズ ヒロヒコ	(0044) 理学（系） 教授	1992 原子核・素粒子物理学	
野尻 伸一	(13901) 名古屋大学	理学博士	拠点機関
ノジリ シンイチ	(0044) 理学（系） 教授	1986 素粒子論的宇宙論	
田島 宏康	(13901) 名古屋大学	理学博士	拠点機関
タジマ ヒロヤス	(9999) 宇宙地球環境研究所 教授	1991 宇宙線実験	
伊藤 好孝	(13901) 名古屋大学	博士（理学）	拠点機関
イトウ ヨシタカ	(9999) 宇宙地球環境研究所 教授	1996 宇宙線物理学	
中村 光廣	(13901) 名古屋大学	理学博士	拠点機関
ナカムラ ミツヒロ	(9999) 未来材料研究所 教授	1988 素粒子物理学	
杉山 直	(13901) 名古屋大学	理学博士	拠点機関
スギヤマ ナオシ	(0044) 理学（系） 教授	1989 宇宙論	
Gaz ALESSANDRO	(13901) 名古屋大学	Ph-D	拠点機関
ガズ アレサンドロ	(2370) 現象解析研究センター 准教授	2008 素粒子実験	
戸本 誠	(13901) 名古屋大学	博士（理学）	拠点機関
トモト マコト	(0044) 理学（系） 准教授	2001 素粒子実験	
中浜 優	(13901) 名古屋大学	博士（理学）	拠点機関
ナカハマ ユウ	(2370) 現象解析研究センター 准教授	2009 素粒子実験	

【参加研究者（コーディネーターを除く）】

氏名	機関名 部署名 職名	学位 取得年 専門分野	区分
北口 雅暁 キタグチ マサア キ	(13901) 名古屋大学 (2370) 現象解析研究センター 准教授	博士（理学） 2004 素粒子実験	拠点機関
竹内 道久 タケウチ ミチヒ サ	(13901) 名古屋大学 (2309) 基礎理論研究センター 准教授	博士（理学） 2009 素粒子理論	拠点機関
市来 浄與 イチキ キヨトモ	(13901) 名古屋大学 (0044) 理学（系） 准教授	博士（理学） 2005 宇宙論	拠点機関
奥村 暁 オクムラ アキラ	(13901) 名古屋大学 (9999) 宇宙地球環境研究所 講師	博士（理学） 2009 宇宙線実験	拠点機関
風間 慎吾 カザマ シンゴ	(13901) 名古屋大学 (9999) 高等研究院 助教	博士（理学） 2014 素粒子実験	拠点機関
宮武 広直 ミヤタケ ヒロナ オ	(13901) 名古屋大学 (9999) 高等研究院 助教	理学博士 2012 宇宙論	拠点機関
森山 茂栄 モリヤマ シゲタ カ	(12601) 東京大学 (0224) 宇宙線研究所 教授	博士（理学） 1998 宇宙線物理学	協力機関
Martens Kai マルテンス カイ	(12601) 東京大学 (2127) 数物連携宇宙研究機構 准教授	Ph-D 1994 宇宙線物理学	協力機関
松本 重貴 マツモト シゲキ	(12601) 東京大学 (2127) 数物連携宇宙研究機構 教授	博士（理学） 2000 素粒子論	協力機関
高田 昌広 タカダ マサヒロ	(12601) 東京大学 (2127) 数物連携宇宙研究機構 教授	博士（理学） 2001 宇宙論	協力機関

【参加研究者（コーディネーターを除く）】

氏名	機関名 部署名 職名	学位 取得年 専門分野	区分
早坂 圭司	(13101)新潟大学	博士(理学)	協力機関
ハヤサカ キヨシ	(0051)自然科学(系) 准教授	2001 素粒子物理学	
身内 賢太郎	(14501)神戸大学	博士(理学)	協力機関
ミウチ ケンタロウ	(0044)理学(系) 准教授	2002 宇宙線物理学	
水野 恒史	(15401)広島大学	博士(理学)	協力機関
ミズノ ツネフミ	(9999)宇宙科学センター 准教授	2000 宇宙線物理学	
中 竜大	(32661)東邦大学	博士(理学)	協力機関
ナカ タツヒロ	(0044)理学(系) 講師	2011 素粒子物理学	
花垣 和則	(82118)大学共同利用機関法人高エネルギー 加速器研究機構	博士(理学)	協力機関
ハナガキ カズノリ	(0538)素粒子原子核研究所 教授	1998 素粒子実験	
高橋 史宜	(11301)東北大学	博士(理学)	協力機関
タカハシ フミノブ	(0044)理学(系) 教授	2005 素粒子論的宇宙論	

【交流相手国】

【交流相手国拠点機関及びコーディネーター その1】

相手国コード

*DEU
ドイツ

拠点機関名	(和文) * マックスプランク核物理学研究所 (英文) * Max Planck Institute for Nuclear Physics
コーディネーター氏名	(英文) * (ファミリーネーム) (ファーストネーム) (ミドルネーム) HINTON James
所属部局名	(和文) * 素粒子物理・高エネルギー宇宙物理部 (英文) Particle Physics and High-Energy Astrophysics Division
職名	(和文) * 主任研究員 (英文) * Division head
所在地(都市名)	Heidelberg
相手国側マッチングファンド額	* 476400 千円相当

【相手国参加研究者(コーディネーターを除く) その1】

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
AHARONIAN Felix	Max Planck Institute for Nuclear Physics Germany・Heidelberg	Particle Physics and High Energy Astrophysics Division Head of High Energy Astrophysics Theory Group	拠点機関
LINDNER Manfred	Max Planck Institute for Nuclear Physics Germany・Heidelberg	Particle and Astroparticle Physics Head of Particle and Astroparticle Physics	拠点機関
WHILTE Richard	Max Planck Institute for Nuclear Physics Germany・Heidelberg	Particle Physics and High Energy Astrophysics Division Researcher	拠点機関
KIESLING Christian	Max Planck Institute for Physics Germany・Muenchen	Werner-Heisenberg Institute Professor	協力機関
FUNK Stefan	University of Erlangen-Nuremberg Germany・Erlangen	Erlangen Centre for Astroparticle Physics Professor	協力機関
KUHR Thomas	Ludwig Maximilians University Germany・Muenchen	Faculty of Physics Professor	協力機関
IBARRA Alejandro	The Technical University of Munich Germany・Muenchen	Physics Department Professor	協力機関
ENGEL Ralph	Karlsruhe Institute of Technology Germany・Karlsruhe	Institute for Nuclear Physics Director of the institute	協力機関
PIEROG Tanguy	Karlsruhe Institute of Technology Germany・Karlsruhe	Institute for Nuclear Physics Researcher	協力機関
協力機関数	-- 機関	参加人数	-- 名

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
OBERLACK Uwe	Johannes Gutenberg University Mainz Mainz・Germany	Institute of Physics Professor	協力機関
協力機関数	6 機関	参加人数	10 名

【交流相手国】

【交流相手国拠点機関及びコーディネーター その2】

相手国コード

*ITA
イタリア

拠点機関名	(和文) * 国立核物理研究所 パドヴァ (英文) * INFN Padova
コーディネーター氏名	(英文) * (ファミリーネーム) (ファーストネーム) (ミドルネーム) EZIO Torassa
所属部局名	(和文) * 加速器粒子物理グループ (英文) Subnuclear Physics with accelerators
職名	(和文) * 主任研究員 (英文) * First Researcher
所在地(都市名)	Padova
相手国側マッチングファンド額	* 75840 千円相当

【相手国参加研究者(コーディネーターを除く) その2】

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
BASTIERI Denis	INFN, Padova Italy・Padova	Department of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
RANDO Riccardo	INFN, Padova Italy・Padova	Department of Physics and Astronomy Adjunt professor	拠点機関
PASSERA Massimo	INFN, Padova Italy・Padova	Department of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
DE LELLIS Giovanni	INFN, Napoli Italy・Napoli	Department of Physics Professor	協力機関
DE NARDO Guglielmo	INFN, Napoli Italy・Napoli	Department of Physics Associate Professor	協力機関
TIOKOV Valeri	INFN, Napoli Italy・Napoli	Department of Physics Associate Professor	協力機関
D'AMBROSIO Nicola	INFN, Gran Sasso National Laboratory Italy・Assergi	Research Division Electronics Head of Service	協力機関
ADRIANI Oscar	INFN, Florence Italy・Florence	Department of physics Director	協力機関
SELVI Marco	INFN, Bologna Italy・Bologna	Department of Physics Professor	協力機関
協力機関数	-- 機関	参加人数	-- 名

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
DI CRESCENZO Antonia	INFN, Napoli Italy・Napoli	Department of Physics Assistant Professor	協力機関
SARTORELLI Gabriella	INFN, Bologna Italy・Bologna	Department of Physics Professor	協力機関
協力機関数	4 機関	参加人数	11 名

【交流相手国】

【交流相手国拠点機関及びコーディネーター その3】

相手国コード

*GBR
英国

拠点機関名	(和文) * エジンバラ大学 (英文) * The University of Edinburgh
コーディネーター氏名	(英文) * (ファミリーネーム) (ファーストネーム) (ミドルネーム) LEONIDOPOULOS Christos
所属部局名	(和文) * 物理天文学科 (英文) School of Physics and Astronomy
職名	(和文) * 准教授 (英文) * Reader
所在地 (都市名)	Edinburgh
相手国側マッチングファンド額	* 1730636 千円相当

【相手国参加研究者 (コーディネーターを除く) その3】

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
MUHEIM Franz	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
PEACOCK John	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
PLAYFER Stephen	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
DRAKOPOULOU Evangelia	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Research staff	拠点機関
GREENSHAW Tim	University of Liverpool United Kingdom・Liverpool	Department of Physics Professor	協力機関
LAPINGTON John	University of Leicester United Kingdom・Leicester	Space Research Centre Professor	協力機関
ELLIS John	King's College. London United Kingdom・London	Department of Physics Professor	協力機関
HEYMANS Catherine	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
ZUNTZ Joe	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Chancellor's Fellow	拠点機関
協力機関数	-- 機関	参加人数	-- 名

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
TAYLOR Andrew	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Professor	拠点機関
NEEDHAM Matthew	The University of Edinburgh United Kingdom・Edinburgh	School of Physics and Astronomy Reader	拠点機関
DI LODOVICO Francesca	King's College. London United Kingdom・London	Department of Physics Professor	協力機関
協力機関数	3 機関	参加人数	12 名

【交流相手国】

【交流相手国拠点機関及びコーディネーター その4】

相手国コード

*KOR
韓国

拠点機関名	(和文) * 基礎科学研究所 (英文) * Institute for Basic Science
コーディネーター 氏名	(英文) * (ファミリーネーム) (ファーストネーム) (ミドルネーム) CHOI Kiwoon
所属部局名	(和文) * 宇宙理論物理学センター (英文) Center for Theoretical Physics of the Universe
職名	(和文) * センター長 (英文) * Director of Center for Theoretical Physics of the Universe
所在地 (都市名)	Daejeon
相手国側マッチング ファンド額	* 153186 千円相当

【相手国参加研究者 (コーディネーターを除く) その4】

氏名	機関名 所在国・都市名	部局名 職名	区分
KIM Youngman	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Rare Isotope Science Project RI science team Head	拠点機関
KADOTA Kenji	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Center for Theoretical Physics of the Universe Researcher	拠点機関
SHIN Chang Sub	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Center for Theoretical Physics of the Universe Researcher	拠点機関
KIM Yeongduk	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Center for Underground Physics Director of Center	拠点機関
ROTT Carsten	Sungkyunkwan University Korea・Suwon	Department of Physics Associate Professor	協力機関
KO Pyungwon	Korean Institute for Advanced Study Korea・Seoul	School of Physics Professor	協力機関
KIM Young-Hamb	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Center for Underground Physics Associate Director	拠点機関
LEE Hyun Su	Institute for Basic Science Korea・Daejeon	Center for Underground Physics Associate Director	拠点機関
協力機関数	2 機関	参加人数	8 名

	確認	該当なし
人権の保護及び 法令等の遵守 への対応	対応内容	

本欄には、研究計画を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策や措置を講じるのか記述してください。例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、国内外の文化遺産の調査等、提供を受けた試料の使用、侵襲性を伴う研究、ヒト遺伝子解析研究、遺伝子組換え実験、動物実験など、研究機関内外の情報委員会や倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となりますので手続きの状況も具体的に記述してください。（「該当なし」場合、「対応内容」の記載不要）

本ページは採択後公開されます。

研究交流計画の目標・概要

[研究交流目標] 交流期間(最長5年間)を通じて自立的で継続的な国際研究交流拠点の構築と次世代の中核を担う若手研究者の育成における目標を記入してください。実施計画の基本となります。

宇宙の物質の大部分を占める「暗黒物質」は、正体は分かっていないが、未知の素粒子であることがほぼ確実視されている。素粒子標準理論を超える新理論として有力とされている超対称性理論では、暗黒物質の候補として電氣的に中性で重い未知の素粒子: Weakly Interacting Massive Particle(WIMP)の存在を预言している。暗黒物質の特定はそれ自身大きな発見であるが、新たな素粒子理論の証拠ともなる今世紀最大の発見となる。しかし LHC 等の加速器実験では、新たな素粒子理論の兆候は見つかっておらず、暗黒物質は陽子よりも軽い未知の素粒子や未発見の重いニュートリノの可能性もある。様々な可能性がうずまく混沌とした状況の中で、実験と理論の両面において、宇宙分野と素粒子分野にまたがった領域横断的なアプローチが、暗黒物質の正体を突き止めるため必要不可欠である。

本研究交流計画では、世界中で急速に進展している A. 加速器実験、B. 地下実験、C. 宇宙観測、D. 理論研究の4分野における暗黒物質研究を融合する国際研究拠点を、「名古屋大学素粒子宇宙起源研究所: Kobayashi-Maskawa Institute(KMI)」に構築する。国立核物理研究所(INFN)(イタリア)、マックスプランク核物理研究所(ドイツ)、エジンバラ大学(英国)、基礎科学研究所(韓国)を各国の主要拠点として連携し、さらに欧州の実験施設(CERN、グランサッソー研究所)と国内実験施設(高エネルギー加速器研究機構、東京大学宇宙線研究所神岡地下施設)を結びつけ、多彩な暗黒物質研究を実施する。この国際研究交流拠点の間で若手研究者の往還を行い、分野と国境を超えた若手人材育成ネットワークを形成し、E. 将来構想・技術開発にあたらせる。このネットワークは、将来の暗黒物質研究の構想を育むゆりかごととなり、国際大型研究化が進む暗黒物質研究の将来計画の母体となる。

交流期間終了後は、KMI に暗黒物質国際情報融合センター(仮称)を設置し、国際的な暗黒物質研究のハブとして拠点を確立すると共に、名大が推進する国際共同学位、国際共同博士指導プログラムを活用し、暗黒物質解明に向けて今後数十年にわたる研究を支える若手人材を輩出して行く。

[研究交流計画の概要] 我が国と交流相手国の拠点同士の協力関係に基づく多国間双方向交流として、どのように共同研究、セミナー、研究者交流を効果的に組み合わせるかを、研究交流計画の概要を記入してください。

共同研究: 以下の共同研究を戦略的・融合的に進め、暗黒物質の証拠を世界に先駆けて発見する。

【A:加速器実験】 LHC 実験における世界最高エネルギーでの粒子生成データ、最高輝度のスーパー-B ファクトリー実験で得られる大量の B 中間子やタウレプトンの崩壊を通して、暗黒物質の候補となる新粒子や新物理の証拠を探索する。

【B:地下実験】 グランサッソー研究所での液体キセノンを使った暗黒物質直接探索実験(XENONnT)を世界最高感度での探索を進める。また、名古屋大学独自の原子核乾板技術の特性を生かした暗黒物質探索 NEWSdm 実験を実施する。さらに、スーパーカミオカンデでのニュートリノによる暗黒物質を行う。

【C:宇宙観測】 すばる望遠鏡を始めとする世界最先端の撮像銀河サーベイデータを用いて、宇宙の暗黒物質の3次元分布を精密測定することにより、暗黒物質の存在量と宇宙の発展史を明らかにする。Fermi 衛星やチェレンコフ望遠鏡を使った宇宙ガンマ線観測によって、暗黒物質の対消滅からのガンマ線放射を探索し、加速器では探索が難しい重い暗黒物質の証拠を探る。高エネルギー宇宙線のハドロン相互作用モデルの精密化を行い、暗黒物質探索の背景事象の理解を進める。

【D:理論研究】 国内外の理論研究者が共同し、暗黒物質探索の実験・観測研究の結果を融合し、宇宙論的な制限を考慮に入れた上で、背後にある素粒子モデルの可能性を絞り込み、素粒子理論の新しいパラダイムを構築、暗黒物質の正体に迫る。

【E:将来構想・開発研究】 本研究期間の間に得られた知見をさらに発展させ、暗黒物質の最終特定にむけて研究計画の立案を行い、そのための実験技術の開発・交流を行うプラットフォームを形成する。

セミナー: 研究会を毎年開催、成果を共有し、共同研究の方針を設定すると共に、暗黒物質の兆候をいち早く発見する。初年度には全員で目的を共有して融合を進め、最終年度には共同研究の成果取りまとめと発信のために国際シンポジウムを名古屋で開催する。2、3、4年次には、相手国拠点機関(マックスプランク研、エジンバラ大、INFN パドバアまたは韓国 IBS)で、トピックを絞った研究会を開催する。若手研究者向けの国際スクールを毎年開催して、若手育成に資するとともに、分野や国を超えた若手の交流を図る。

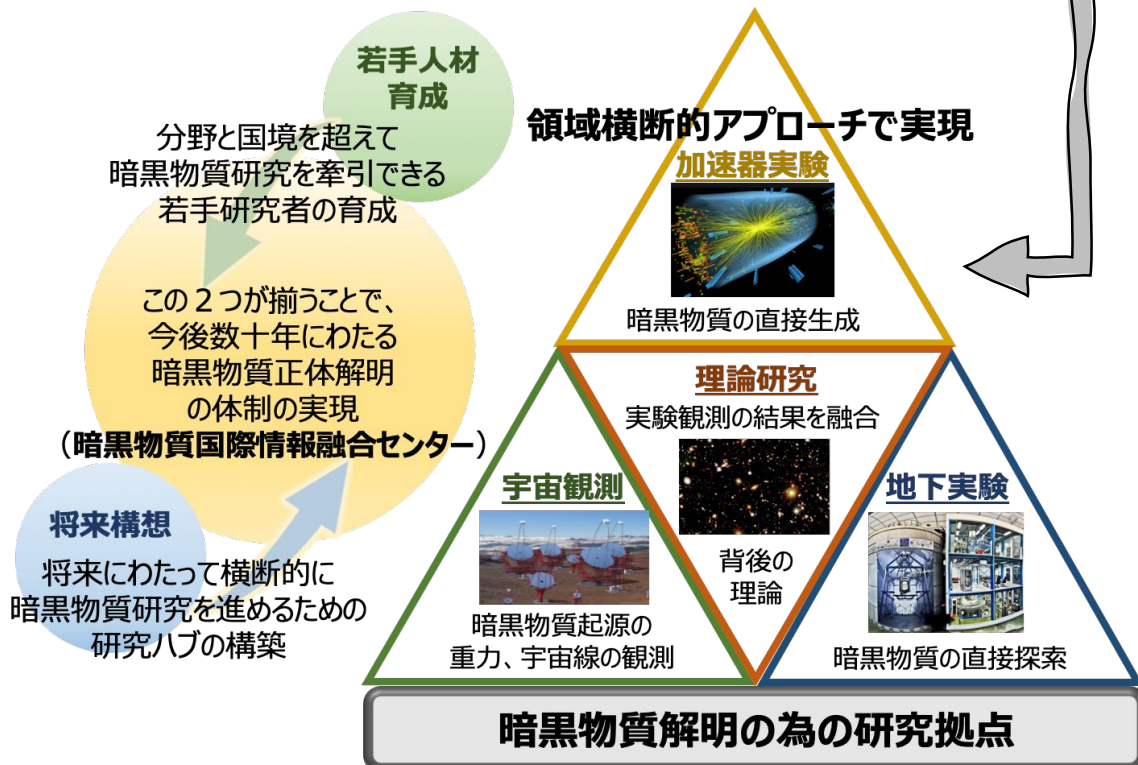
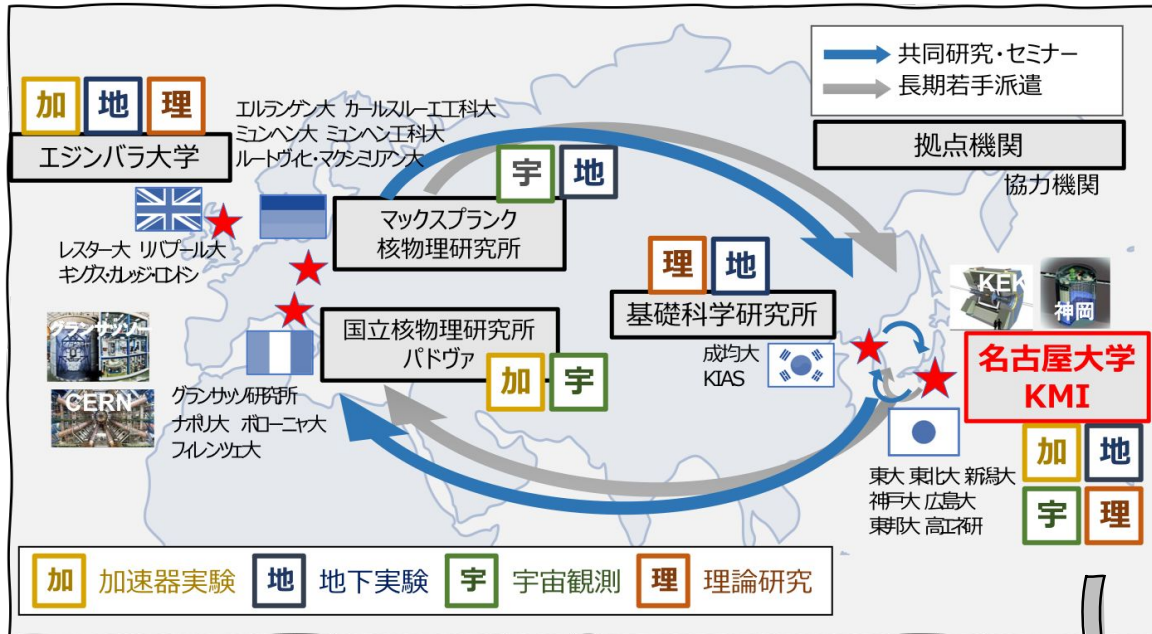
研究者交流: 海外拠点機関や実験施設へ、若手研究者を長期(1-2ヶ月)派遣し(年間10名程度)、国際共同研究を推進し、日本のプレゼンス強化を目指すと共に、若手人材のグローバル化を図る。海外連携国各機関からも若手研究者を国内の拠点機関・実験施設へ受け入れ、双方向の人材循環を図る。また、若手を含めお互いに短期の研究者交流を頻繁に行い、緊密な連携を実現する。

一般国民に理解できるよう、平易な言葉で記入してください。

この様式は、独立行政法人日本学術振興会において定められたものです。様式の改変はできません。

本ページは採択後公開されます。

[実施体制概念図] 本事業による経費支給期間（最長5年間）終了時までには構築する国際研究協力ネットワークの概念図を描いてください。



1.【先端性・重要性】

(1) 研究課題の先端性・学術的重要性

当該学術分野において研究課題がどのように先端的あるいは学術的に重要だと認められているのか記入してください。

光では観測されない「暗黒物質」は、宇宙の物質の約 3/4 を占め、銀河や宇宙の大規模構造の形成を担う鍵であるが、その正体はいまだ解明されていない。これまでの研究から、素粒子の標準理論を超える新理論として有力視されている超対称性理論や余剰次元理論によって、**相互作用の弱い電氣的に中性で重い素粒子（WIMP: Weakly Interacting Massive Particle）**の存在が予言されており、暗黒物質の有力候補として注目されている。世界中で加速器実験、地下実験、宇宙観測、理論研究の各分野で暗黒物質研究が急速に進展しており、この5年間にその正体について最初のヒントが得られる可能性が高い。しかし、その正体を特定するためには、以下の全ての領域を横断し包括的に融合した研究が不可欠である。

【A: 加速器実験】暗黒物質の正体である未知の素粒子を加速器によって直接作り出す、あるいはその証拠となる稀現象の発見を目指す（LHC-ATLAS 実験、スーパー-B ファクトリー実験、冷中性子実験）。

【B: 地下実験】宇宙を漂う暗黒物質を直接検出器で捕まえる実験（液体キセノン検出器実験 XENONnT や、原子核乾板実験 NEWSdm）や、暗黒物質が対消滅して作るニュートリノを探索する実験（スーパーカミオカンデおよびハイパーカミオカンデ実験）を行う。

【C: 宇宙観測】光学望遠鏡による宇宙大規模構造の観測により宇宙空間に暗黒物質が作る重力場を観測、暗黒物質の存在量や宇宙の発展史を精密測定する（すばる望遠鏡 HSC および KiDS、DES）、銀河中心に集積した暗黒物質が対消滅して作るガンマ線をとらえる（Fermi 衛星、チェレンコフ望遠鏡アレイ（CTA））。

【D: 理論研究】多岐にわたる暗黒物質探索に関わる加速器実験、地下実験、宇宙観測を統合的に解析し、暗黒物質の正体を解明するとともにその背後にある素粒子模型、そこから期待されるインフレーションから始まる宇宙の歴史を明らかにする素粒子論的・宇宙論的研究を行う。

【E: 将来構想・開発研究】上記の研究で得られた成果を融合し暗黒物質の正体解明に向けて将来計画の検討と、それを実現する新しい実験技術の開発を、若手が主体で行う。

今後5年間に得られるであろう研究成果は暗黒物質の正体のヒントに過ぎず、暗黒物質の存在が提案されてから80年以上経つ暗黒物質の正体を最終的にするためには、本事業終了後の研究構想とそれを今後数十年かけて遂行する次の世代の育成を行う拠点を持つことが重要である。

(2) 相手国拠点機関との多国間研究交流を行う必要性・重要性

名古屋大学には、理学研究科、宇宙地球環境研究所などに、加速器実験、地下実験、宇宙ガンマ線観測、宇宙論や素粒子論に取り組む研究者がおり、これら研究者の融合研究を進める学内組織として、2010年に**素粒子宇宙起源研究機構（KMI）**が設立され、暗黒物質や暗黒エネルギーの研究を進めている。しかしながら、暗黒物質の解明には異なる専門性を持つ国内外の研究者との連携が必須である。本申請では、**加速器実験と宇宙観測、実験と理論の両面を有する名古屋大学 KMI を研究のハブとして、国内の協力機関と実験施設を束ね、これまで各々独立に研究を進めてきた世界各地の暗黒物質研究拠点を連携する。**特に欧州は加速器実験施設 CERN、地下実験施設 INFN グランサッソー、宇宙ガンマ線天文台 CTA など多様な暗黒物質の実験観測施設を持ち、欧州各地の宇宙論、素粒子論研究者との連携で加速器と宇宙両面にわたる様々な暗黒物質研究が集まっている。本申請では、これらの機関の中から特に、加速器実験と地下実験の拠点である INFN パドヴァ(イタリア)、宇宙ガンマ線観測及び地下実験の拠点**マックスプランク核物理研究所（ドイツ）**、LHC やニュートリノ実験の拠点であり、宇宙論の拠点でもある**エジンバラ大学(英国)**、さらに素粒子論の拠点であると共に独自の地下実験拠点をもち、距離的に近く密接な交流が持てる**基礎科学研究所(韓国)**を有機的に結びつけ、各領域を横断して暗黒物質の解明に挑む。

本事業で連携体制を構築する相手国拠点機関は、加速器実験、地下実験、宇宙線観測、素粒子論・宇宙論の各分野の世界的な拠点である。これらの研究を行うグループが一カ所に結集している名古屋大学は世界的にもユニークであり、**素粒子宇宙起源研究機構(KMI)が研究のハブとなって、各拠点で行われている研究成果を集約し、各研究領域の壁を超えて融合する機能に優れている。**各国拠点において、素粒子から宇宙まで多様な専門性を持つ共同研究を推進しながら、個々の研究成果を毎年国際シンポジウム・研究会の場で横断的に融合することで、暗黒物質の正体解明の兆候をいち早くつかむ。また、各国拠点機関・協力機関に加えて、実験的研究においては、日本国内（高エネルギー加速器研究機構(KEK)、東大宇宙線研神岡地下施設）と欧州（CERN、グランサッソー研究所）の両地域にそれぞれ加速器実験と地下実験の実験施設があり、日本と欧州の間で双方向の研究者の往来が期待される。また、エジンバラ大学と名古屋大学は国際共同学位プログラムを3年前から発足させており、本拠点の活動を博士論文として結実させ、若手人材育成へと展開できる。これを、他の本参加拠点機関の様々な専門家を含んだ国際共同学位プログラムや国際共同博士指導プログラムへと発展させる。

（3）多国間研究交流により期待される学術的成果

本事業による経費支給期間の終了時に期待される、相手国拠点機関との多国間研究交流により世界的水準の国際研究交流拠点となりうるような学術的価値の高い成果について、記入してください。

【A: 加速器実験】

LHC 実験での約 300fb^{-1} に及ぶ世界最高エネルギー粒子生成データ、スーパー-B ファクトリー実験での 10ab^{-1} を超える B 中間子やタウレプトンの稀な崩壊や、中性子の時間反転対称性の破れの精密測定 of 解析により、およそ 100 GeV から 100 TeV の質量領域での暗黒物質候補となる新粒子の存在が検証される。さらに、この多国間研究交流によって、検出器性能や機械学習などを用いたデータ解析効率の改善を進めることにより、より高い感度での新粒子・新物理探索が可能となる。

【B: 地下実験】

イタリア INFN グランサッソー研究所に設置する大型液体キセノン検出器 XENONnT により、核子と 10^{-48}cm^2 以上の散乱断面積を持つ暗黒物質の探索を行い、暗黒物質の直接的な証拠を得る。また、原子核乾板を用いた暗黒物質の到来方向に感度を持つ暗黒物質探索実験を東邦大、ナポリ大と行う。また、エジンバラ大と共同でスーパーカミオカンデにより太陽中心に集積した暗黒物質起源のニュートリノを探索し、軽い暗黒物質と太陽中の水素との散乱を検証する。

【C: 宇宙観測】

重力レンズ効果を用いて宇宙の暗黒物質分布を精密測定する研究は、日本が推進しているすばる望遠鏡新広視野主焦点カメラ HSC を用いた撮像銀河サーベイと、欧州が推進している KiDS サーベイ、米国が推進している DES サーベイが世界をリードしている。エジンバラ大学には KiDS サーベイと DES サーベイのデータ解析において中心的役割を担う研究者が在籍しており、彼らと協力して 3 つのサーベイのデータを組み合わせることによって、宇宙における暗黒物質の存在量と宇宙の発展史について世界一の制限を得る。

イタリア INFN パドヴァと共同で、Fermi 衛星における矮小銀河からのガンマ線探索により、数百 GeV までの質量領域における暗黒物質の有無に決着をつける。さらに、マックスプランク研究所と共同でチェレンコフ望遠鏡カメラを開発し、銀河中心近傍からのガンマ線探索により、数百 GeV から数 TeV までの質量領域における暗黒物質の探索を開始する。

【D: 理論研究】

INFN パドヴァ、ミュンヘン工科大学、キングス・カレッジ・ロンドン、韓国基礎科学研究所および高等科学院の暗黒物質および標準模型を超える素粒子模型を研究する素粒子論の研究者とともに、加速器実験、地下実験、宇宙観測で得られた結果を詳細に吟味し、それらを統合的に解析することで、暗黒物質の素粒子としての正体の可能性を有効理論の方法などを駆使して絞り込み、またその背後にある標準模型を超える素粒子模型を明らかにする。

また、エジンバラ大学などの宇宙論研究者を含めて共同で、暗黒物質が宇宙初期熱的過程から作られたのか、それとも長重粒子崩壊などによって非熱的過程で作られたのかを、期待される暗黒物質の候補をもとに議論を行い、宇宙の構造形成へのインパクトを明らかにする。

【E: 将来構想・開発研究】

2022 年より加速器実験、地下実験、宇宙観測の統合解析から理論的に期待される可能性をどのように検証を行うかについての国際共同で研究を行う。XENONnT 実験の暗黒物質直接探索、Belle II 実験の新物理探索などにおいて本事業期間中に優れた結果が出た際には、速やかに期待される暗黒物質の候補を絞り込み、その候補が LHC 実験や提案されている ILC 実験や将来型円形加速器 (FCC) などでのどのようなシグナルとして見え、実際に検証可能かどうかを、さらに CTA による銀河中心や矮小銀河からの暗黒物質対消滅起源のガンマ線の流量をより精密に予言し、検出器に期待されるスペックを、理論と実験の若手研究者が協力して明らかにする。XENONnT 実験で暗黒物質の兆候が見えなかった場合には、実験で感度が届かないより重い暗黒物質、より軽い暗黒物質、通常物質とより弱く相互作用する暗黒物質の理論的可能性を整理し、加速器実験、地下実験、宇宙観測においてそれらの可能性を検証するための実験・観測のスペックを評価する。また、将来の暗黒物質直接探索実験のための開発研究を行う。第 2 世代直接探索実験である XENONnT 実験終了後、究極の感度を持つ第 3 世代実験へと向かう。超大型液体キセノン暗黒物質検出器のための光検出器開発を東京大、マックスプランク研究所と行う。また、原子核乾板に記録された暗黒物質のナノレベル反跳飛跡を読み出すための開発を東邦大、ナポリ大と行う。

（4）国際的な研究交流活動の遂行能力

これまでの日本側コーディネーター及び参加研究者の国際的な研究交流活動（本会事業に限りません。）の実績（見込みを含む）を、本申請課題を通じてどのように発展的に展開するのか記入してください。

コーディネーターの久野は2018年よりKMI副機構長を務め、KMIを中心とした先端的研究の国際交流事業の展開や国際シンポジウム、国際スクール開催を推進してきた。国際シンポジウムをほぼ隔年開催し、国内外の研究者を招聘し暗黒物質の解明にむけた研究を含め、素粒子・宇宙の理論・実験に関連する議論を行っている。2018年2月28日-3月2日には、暗黒物質をテーマとする国際スクール（KMI School）を国際的に著名な研究者を講師として招聘し、海外拠点機関（エジンバラ大学等）の学生を招待して開催した（海外9カ国からの外国人学生16名を含む学生・PD計60名参加）。以後、この国際スクールは毎年開催している。さらに、国際会議、若手研究者海外派遣、分野横断セミナー、海外研究者ビジターなどに対してKMIは支援を行っており、国際研究交流の促進を行ってきた。ここで培われたノウハウと国際交流実績を本申請課題に応用することで、暗黒物質の国際的研究の促進とKMIの研究ハブの拠点化を図る。

加速器実験において、戸本は頭脳循環プログラム「次世代 μ 粒子トリガー技術から新しい素粒子の発見に挑む国際研究ネットワークの形成」（平成27～29年）を構築し、マックスプランク研究所やCERNの研究者と、高輝度LHC-ATLAS実験における新粒子探索に不可欠な次世代 μ 粒子トリガー技術の開発を主導してきた。戸本は2020年度よりKEKへ移り国内のATLAS実験の活動を取りまとめ、KMIの客員教員として本拠点とKEKの連携の役割を担う。中浜はCERN（スイス）に長期滞在、エジンバラ大学のLeonidopoulos氏らと超対称性粒子の探索やその測定に不可欠なトリガーの研究を主導している。Belle II実験においては飯島が実験代表者を務めるとともに、名古屋大学研究大学強化促進事業により「重フレーバー素粒子物理学国際研究ユニット」を構築、INFNパドヴァ上級研究員であったGaz氏を現象解析研究センター特任准教授として迎え、実験と理論の連携研究を進めている。このユニットは2020年度からはKMI内に設置予定のフレーバー物理国際研究センター（仮称）へと発展、本事業に貢献する。

地下実験では、INFNグランサッソーで2020年開始のXENONnT実験へ伊藤と風間が東大の森山・マルテンス、神戸大の身内と共に参加し、2018年からマックスプランク研究所、ボローニャ大学等と検出器建設に従事している。また、中は原子核乾板を利用した暗黒物質探索NEWSdm実験を主導、2014年から年6回程度共同研究者会議を名古屋・イタリアで開催、ナポリ大と共同でグランサッソーにプロトタイプ検出器も設置している。本事業により、これら海外での研究活動が加速される。スーパーカミオカンデ・ハイパーカミオカンデについて、名古屋大学との国際共同学位プログラムに基づき、エジンバラ大から大学院生とその指導教員Playfer氏が2018年初頭から1年間伊藤の研究室に滞在し、ハイパーカミオカンデの設計や大気ニュートリノについて共同研究の他、短期留学生2名を受け入れた。また、KMIの外国人招聘制度等により2019年にドイツ等欧州から2名のXENONnT実験の大学院生が伊藤の研究室に滞在している。

宇宙観測の分野では、市来はMWAおよびLiteBIRDの国際コラボレーションに参加、2017年から連続で3人のフランス人インターンシップ学生を受け入れて共同研究を行うなど、積極的な国際研究交流を行っている。名古屋大学との国際共同学位プログラムに基づき、Peacock氏とは名大の大学院生の重力レンズ観測研究の共同指導を行っている。また宮武・高田は本申請の共同研究の一つであるHSCの主力メンバーとして国際的なコラボレーションを率い、計画立案、データ解析から論文の執筆まで主要な役割を果たしている。また田島は2010年までSLAC（米国）に在籍し、INFNパドヴァとFermi衛星の開発、解析に従事、学生も2回派遣するなど宇宙ガンマ線観測による暗黒物質探索で連携を続けている。2014年10月には宇宙ガンマ線観測の成果について議論するFermiシンポジウムを主催した（15ヶ国以上から200名が参加）。また、TeV領域ガンマ線観測を目指すチェレンコフ・ガンマ線望遠鏡(CTA)計画を推進、2013年5月から奥村がCTAの拠点機関であるマックスプランク核物理研究所（ドイツ）やレスター大学（英国）に3年間滞在し、2019年度から国際共同研究加速基金（A）を得て中口径望遠鏡の光検出器の開発責任者となっている。背景事象となる高エネルギー宇宙線のハドロン相互作用の研究については、伊藤がINFNフローレンスとの共同研究LHCf実験を2004年から実施、毎年数名の研究者が年間1～2週間滞在、2018年5月には宇宙線相互作用のシンポジウムISVHECRI2018を名古屋大学で開催した（参加者122名、うち海外18カ国から外国人76名）。また、伊藤はIUPAP C4委員として宇宙線研究の国際的な取りまとめに従事している。

素粒子論の分野では、新学術領域「先端加速器LHCが切り拓くテラスケールの素粒子物理学～真空と時空への新たな挑戦」（2011年度から2015年度）、「ヒッグズ粒子発見後の素粒子物理の新展開」（2016年度から2021年度）において久野は計画研究の代表を務め、領域の理論研究の取りまとめを行うとともに、暗黒物質研究につながる素粒子論研究について多くの国際研究会を開催してきた。竹内は2012年から3年間キングス・カレッジ・ロンドンで研究員を務めるとともに、東大IPMUにて松本らと国際ワークショップを主導してきた。韓国の基礎科学研究所、高等科学院とは国際研究集会で招聘、派遣をお互いに行い交流を図ってきた。KMIの学生やポスドクを雇用された実績を持つ。また、INFNパドヴァのPassera氏2017年にKMIに招聘、以後相互訪問を行っている。ミュンヘン工科大学のIbarra氏を2019年にKMIに招聘、以後暗黒物質の共同研究を行っている。キングス・カレッジ・ロンドンのEllis氏はKMIの国際諮問委員会のメンバーであり、毎年KMIに招聘し定期的に研究の助言をもらっている。

(5) 日本側コーディネーター及び参加研究者の研究遂行能力及び研究環境

日本側コーディネーター及び参加研究者の多国間研究交流計画の実行可能性を示すため、それぞれの「これまでの研究活動」と「研究環境（研究遂行に必要な研究施設・設備・研究資料等を含む）」について記載してください。なお、「これまでの研究活動」の記述には、研究活動を中断していた期間がある場合にはその説明などを含めてもよいです。（4ページ以内）

久野 純治（名古屋大学）

標準模型を超える素粒子模型として有望視されている超対称模型を中心に現象論研究を行ってきた。特に、WIMPの検証のための理論的研究では以下の通り顕著な結果を上げた。重いニュートリノの様な弱電荷を持ち弱い相互作用をするWIMPは、期待される質量が重すぎて検証が困難であると考えられていた。久野は、弱い相互作用起源の引力によるWIMP対消滅確率の増大を発見し、銀河中心からのガンマ線観測によるWIMP探索が重いWIMPに対しても感度があることを示した。また、暗黒物質直接探索実験に対して、有効理論の方法を用いて陽子・WIMP弾性散乱断面積を系統的に評価する方法を開発し、様々なWIMPに対して応用し、暗黒物質直接探索実験での将来の見込みを明らかにしている。特に、弱電荷を持つWIMPの陽子・WIMP弾性散乱断面積に対し高次効果を含めて信頼性の高い予言を行った。これまで高エネルギー加速器研究機構、東大宇宙線研究所に所属、またそれらの様々な外部委員を経験、国内外の理論、実験研究者と交流を持ち、そこで培ったネットワークを本事業で活かせる。学内に理論研究を行う施設、設備、資料は十分にある。

(研究業績: 関連する学術論文)

1. J. Hisano, K. Ishiwata, and N. Nagata, "QCD Effects on Direct Detection of Wino Dark Matter", (査読有), Journal of High Energy Physics 1506 097, 2015.
2. J. Hisano, S. Matsumoto, M. Nagai, O. Saito, and M. Senami, "Non-perturbative effect on thermal relic abundance of dark matter", (査読有), Physics Letters, B646, 34-38, 2007.
3. J. Hisano, S. Matsumoto, M. M. Nojiri, and O. Saito, "Non-perturbative effect on dark matter annihilation and ray signature from galactic center", (査読有), Physical Review, D71, 063528, 2005.

飯嶋 徹（名古屋大学）

Bファクトリー実験（Belle実験）において、CP対称性の破れの発見と小林-益川理論の検証、B崩壊の世界初観測などを中核として進めた（その功績により第7回折戸周治賞を受賞）。さらに、スーパーBファクトリー実験（Belle II実験）のために、独自の新型粒子識別装置の開発と国際協力による建設を指揮し、検出器を完成させた。2019年6月からは、Belle II国際共同実験の代表を務めている。同実験には、26カ国の112研究機関から約1000人の研究者が参画しており、その人的交流を本事業でも活かすことができる。

(研究業績: 関連する学術論文)

1. Y. Kato, T. Iijima et al. The Belle Collaboration, "Measurement of the absolute branching fraction of $B^+ \rightarrow X_{cc} K^+$ and $B^+ \rightarrow D^0 \pi^+$ ", (査読有), Physical Review D97, 012005, 2018.
2. S. Hirose, T. Iijima et al. The Belle Collaboration, "Measurement of the τ lepton polarization and $R(D^*)$ in the decay $B \rightarrow D^* \tau \nu_\tau$ ", (査読有), Physical. Review Letters 118, 211801, 2017.
3. Y. Sato, T. Iijima et al. The Belle Collaboration, "Measurement of the branching ratio of $B^0 \rightarrow D^* \tau \nu_\tau$ relative to $B^0 \rightarrow D^* \ell \nu_\ell$ decays with a semileptonic tagging method", (査読有), Physical Review D94, 072007, 2016.

野尻 伸一（名古屋大学）

暗黒物質は宇宙全体での質量又はエネルギーのおよそ27%を占めているが、およそ68%を占めているのが暗黒エネルギーである。野尻はこの暗黒エネルギーの模型の構築と検証について長年研究をしてきた。この多くの模型では暗黒エネルギーの副産物として暗黒物質はしばしば現れ、暗黒物質と暗黒エネルギーの存在比を説明する。現在これらの模型を重力波観測で検証する研究を行っており、暗黒物質について通常とは異なる観点からの研究を推進している。

(研究業績: 関連する学術論文)

1. S. Nojiri and S. D. Odintsov, "Unified cosmic history in modified gravity: from F(R) theory to Lorentz non-invariant models", (査読有), Physics Report, 505, 59, 2011.
2. S. Nojiri, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, "Modified Gravity Theories on a Nutshell: Inflation, Bounce and Late-time Evolution", (査読有), Physics Report, 692, 1, 2017.

杉山 直（名古屋大学）

宇宙マイクロ波背景輻射温度揺らぎの物理過程の研究により現在の精密宇宙論の基礎を作った世界的な研究者である[1]。国内ではこれまでに複数の大型研究計画の代表として、主に宇宙マイクロ波背景輻射や宇宙大規模構造形成の情報を用いて宇宙モデルを制限する研究の中核を務めてきた。名古屋大学においてはグローバルCOEプログラムやリーディング大学院の代表としてリーダーシップを発揮している。

(研究業績: 関連する学術論文)

1. W. Hu, N. Sugiyama and J. Silk, "The physics of microwave background anisotropies", (査読有), Nature 386, 37, 1997.

田島 宏康（名古屋大学）

Fermi 衛星の飛跡検出器の運用責任者、JAXA ひとみ衛星の軟ガンマ線検出器の開発責任者を務め、現在チェレンコフ望遠鏡アレイ計画の小口径望遠鏡の光検出器開発責任者となっている。また、Fermi 衛星の画像解析ソフトウェアを開発し、拡散天体や未発見の点源の開発に取り組んでいる。これらの経験は、本事業におけるデータ解析や装置開発に活用可能である。学内光検出器開発に必要な測定装置、データ解析に必要な計算機資源は整備済みである。

（研究業績：関連する学術論文）

1. F. Aharonian, ..., H.Tajima et al., “The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster,” (査読有), Nature, 535, 7610, 117, 2016.
2. M. Ajello, ..., H.Tajima et al., “Fermi-LAT Observations of High-Energy Gamma-Ray Emission toward the Galactic Center,” (査読有), Astrophysical Journal 803, 819, 44, 2016.
3. M. Ackermann, ..., H.Tajima et al., “Searching for Dark Matter Annihilation from Milky Way Dwarf Spheroidal Galaxies with Six Years of Fermi Large Area Telescope Data,” (査読有), Physical Review Letters, 115, id.231301 2015.

伊藤 好孝（名古屋大学）

スーパーカミオカンデにおいて梶田隆章氏と大気ニュートリノ振動の発見に携わり、ニュートリノを用いた暗黒物質間接探索に従事。神岡での XMASS 実験、2017 年からはイタリアグランサッソーでの XENONnT と、液体キセノン暗黒物質探索実験を行なっている。加えて 2005 年から CERN-LHC において高エネルギー宇宙線反応実験する LHCf を立ちあげている。豊富な海外での研究実績と幅広い研究人脈が本事業に活用可能である。学内には実験スペース、データ解析計算機が十分にある。また東大宇宙線研の神岡地下実験室や機器が共同利用研究者として利用可能である。

（関連する研究業績）

1. K. Choi, Y.Itow(80 番目), 他 110 人, “Search for neutrinos from annihilation of captured low-mass dark matter particles in the Sun by Super-Kamiokande”, (査読有), Physical Review Letters No.14, 141301, 2015.
2. 伊藤好孝, “ダークマターの正体をあばく”, 伊藤好孝・田村裕和 日本物理学会(編), “宇宙の物質はどのようにできたのか 素粒子から生命へ”, 日本評論社, pp.168-190, 2015.

中村 光廣（名古屋大学）

原子核乾板を用いた素粒子宇宙物理関係の実験を推進している。代表的研究業績としては、タウニュートリノの荷電カレント反応の世界で初めての検出 (FNAL DONUT)、タウニュートリノ出現によるニュートリノ振動の最終検証 (CERN/LNGS OPERA) などを主導した。名古屋大学では原子核乾板の内製化と解析ファシリティの構築を行って共同利用に供しており、大小 10 余りのプロジェクトが内外の研究者との共同研究により推進されている。ピラミッド透視などの宇宙線ミュオンラジオグラフィプロジェクトもそのうちの一つであり、学内施設は完備されている。

（研究業績：関連する学術論文）

1. N. Agafonova, ..., M. Nakamura et al, OPERA Collaboration, “Discovery of τ Neutrino Appearance in the CNGS Neutrino Beam with the OPERA Experiment”, (査読有), Physical Review Letters, 115, no.12, 121802, 2015
2. K. Kodama, ..., M. Nakamura et al, DONUT Collaboration, “Observation of tau neutrino interactions”, (査読有), Physics Letters, B504, 218-224, 2001
3. S. Aoki, K. Hoshino, M. Nakamura, K. Niu, K. Niwa, N. Torii, “The Fully Automated Emulsion Analysis System”, (査読有), (Nagoya U.), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B51, 466-472, 1990

戸本 誠（名古屋大学）

LHC-ATLAS 実験において、ヒッグス粒子の発見、トップクォーク対生成断面積の精密測定を通じた新物理探索を進めてきた。また、2026 年から開始予定の高輝度 LHC 実験にむけたミュオン粒子トリガー回路の開発を指揮し、主著者の一人として技術仕様設計書の執筆を主導した。この技術仕様設計書の執筆の際に、頭脳循環プログラム「次世代 μ 粒子トリガー技術から新しい素粒子の発見に挑む国際研究ネットワークの形成」(平成 27 年～平成 29 年) によって形成した国際研究ネットワークを本事業でも活かすことができる。

（研究業績：関連する学術論文）

1. M. Aaboud, ..., M. Tomoto et al. The ATLAS collaboration, “Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector”, (査読有), Physics Letter. B784, 173-191, 2018.
2. M. Aaboud, ..., M. Tomoto et al. The ATLAS collaboration, “Search for top-squark pair production in final states with one lepton, jets, and missing transverse momentum using 36 fb⁻¹ of $\sqrt{s}=13\text{TeV}$ pp collision data with the ATLAS detector”, (査読有), Journal of High Energy Physics. 06. 108, 2018.
3. G. Aad, ..., M. Tomoto et al. The ATLAS collaboration, “Measurement of top quark differential cross-section in the dilepton channel in pp collision at $\sqrt{s}=7$ and 8 TeV with ATLAS”, (査読有), Physical Review, D 94 no. 9, 092003 (2016)

中浜 優（名古屋大学）

LHC-ATLAS 実験において、実験開始当初から超対称性粒子や暗黒物質の直接探索を幅広く進めてきた[1]。

国際共同による超対称粒子探索グループでの解析責任者を務めた。新粒子存在が発見できない事実から理論的に好まれていた多くのモデルを棄却し、理論側のモデル拡張と実験側の探索戦略に対して今後の新物理研究の方向性を示した[3, 4]。さらに、トリガー選別・性能グループの責任者やミュオントリガーグループの責任者を務め、物理の重要性や優先度を基にオンライン選別の全 2000 条件を決定するなど、ATLAS 実験の多彩な物理プログラムの決定・遂行に貢献して国際共同実験の中で重要な役割を担っている[2]。これらの経験や ATLAS 実験での研究人脈は、本事業に活用可能である。ATLAS 実験のデータが共同研究者として利用可能であり、そのデータ解析やトリガー開発に必要な計算機資源は整備済みである

（関連する研究業績）

1. M. Aaboud, ..., Y. Nakahama et al. The ATLAS collaboration, "Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 36 fb⁻¹ of $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collision data with the ATLAS detector", (査読有), Physical Review D 97 112001 (2018).
2. M. Aaboud, ..., Y. Nakahama et al. The ATLAS collaboration, "Performance of the ATLAS trigger system in 2015", (査読有), The European Physical Journal C 77 317 (2017).
3. G. Aad, ..., Y. Nakahama et al. The ATLAS collaboration, "ATLAS Run 1 searches for direct pair production of third-generation squarks at the Large Hadron Collider", (査読有), Eur. Phys. J. C 75 510 (2015).
4. Yu Nakahama for ATLAS and CMS Collaborations, "Experimental summary of SUSY Dark Matter searches at the LHC", Dark Matter @ LHC (2014).

市来 浄興（名古屋大学）

主に宇宙論的摂動論に基づいた観測的宇宙論の研究に従事してきた。摂動高次の効果で初めて現れる初期磁場生成[1]や初期重力波生成[2]に関する研究成果は現在多くの発展研究につながっている。本申請の共同研究のテーマである重力レンズ効果については、まだその観測が始まった頃に世界に先駆けてニュートリノ質量に対して有意な制限を与えられることを明らかにした[3]。また近年は、MWAやLiteBIRDなどのコラボレーションに参加し、前景放射の除去や系統誤差の理解について主に理論面からの貢献を行っている[4]。

（研究業績：関連する学術論文）

1. K. Ichiki, K. Takahashi, H. Ohno, H. Hanayama and N. Sugiyama, "Cosmological Magnetic Field: a fossil of density perturbations in the early universe", (査読有), Science 311, 827, 2006.
2. D. Baumann, P. J. Steinhardt, K. Takahashi and K. Ichiki, "Gravitational Wave Spectrum Induced by Primordial Scalar Perturbations", (査読有), Physical Review. D76, 084019, 2007.
3. K. Ichiki, M. Takada and T. Takahashi, "Constraints on Neutrino Masses from Weak Lensing", (査読有), Physical Review, D79, 023520, 2009.
4. K. Ichiki, H. Kanai, N. Katayama and E. Komatsu, "Delta-map method of removing CMB foregrounds with spatially varying spectra", (査読有), PTEP 2019, no. 3, 033E01, 2019.

風間 慎吾（名古屋大学）

LHC-ATLAS 実験での暗黒物質探索によって学位取得後、海外学振特別研究員としてチューリッヒ大学に移り、暗黒物質直接探索実験 XENON1T 実験に参加、昨年より名古屋大学高等研究院 YLC 教員として XENONnT 実験を推進し、世界最高感度での暗黒物質探索を行ってきた。次世代の超大型液体キセノン暗黒物質探索実験 DARWIN のための光センサー開発など開発研究も精力的に行なっている。これらの研究場所は名大学内、東大宇宙線研やグランサッソー他に確保されており、問題ない。

（研究業績：関連する学術論文）

1. E. Aprile, (50名略), S. Kazama, (全 120名), "Dark Matter Search Results from a one Tonne x Year Exposure of XENON1T", (査読有), Physical Review Letters 121 no.11, 111302, 2018.

宮武 広直（名古屋大学）

すばる望遠鏡新主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた広視野深宇宙銀河サーベイの初期段階から関わり、ハードウェア開発、ソフトウェア開発、データ解析、理論的解釈を行ってきた。そのため、サーベイ計画全体を俯瞰することができる貴重な人材である。現在は、観測的宇宙論のデータ解析において日本に先行する米国での研究員時代の経験を生かし、HSCの弱重力レンズ効果解析チームにおいて co-chair を務め、中心的役割を担っている[1-4]。

（研究業績：関連する学術論文）

1. H. Miyatake, N. Battaglia, M. Hilton, et al., "Weak-lensing Mass Calibration of ACTPol Sunyaev-Zel'dovich Clusters with the Hyper Suprime-Cam Survey", (査読有), Astrophysical. Journal. 875, no. 1, 63, 2019.
2. H. Miyatake, M. S. Madhavacheril, N. Sehgal, et al. "Measurement of a Cosmographic Distance Ratio with Galaxy and Cosmic Microwave Background Lensing", (査読有), Physical Review Letters, 118(16):161301, 2017
3. H. Miyatake, S. More, M. Takada, et al. "Evidence of Halo Assembly Bias in Massive Clusters", (査読有), Physical Review Letters, 116(4):041301, 2016
4. H. Miyatake, S. More, R. Mandelbaum, et al. "The Weak Lensing Signal and the Clustering of BOSS Galaxies I. Measurements", (査読有), Astrophysical. Journal, 806:1, 2015

森山 茂栄（東京大学）

東大宇宙線研神岡地下施設での暗黒物質探索実験 XMASS 実験の代表として、暗黒物質直接探索を牽引してきた。現在もグランサッソーでの XENONnT 実験にも参加、また将来の暗黒物質実験のための国内の開発研究アクティビティの取りまとめ役も行なっている。神岡地下施設内に暗黒物質検出器開発のため実験機器やスペースが整備されている。これらは東大外にも共同利用としても供与されている。

（研究業績：関連する学術論文）

1. N.Oka, S.Moriyama (9 番目), 他 32 名 “Search for solar-Kaluza-Klein axions by annual modulation with the XMASS-I detector”, (査読有), Progress of Theoretical and Experimental Physics no.10, 103C01, 2017.
2. K.Abe, S.Moriyama (8 番目), 他 46 名, “Search for bosonic superweakly interacting massive dark matter particles with XMASS-I detector”, (査読有), Physical Review Letters 113 121301, 2014.

高田 昌広（東京大学）

HSCサーベイの初期段階から関わり、計画の立案、理論解釈、データ解析、ソフトウェア開発において主導的役割を果たしてきた[1]。現在はHSC Survey Committeeのchairを務めるとともに、すばる望遠鏡次世代多天体分光器Prime Focus Spectrograph(PFS) Science Committeeのchairも務めている[2]。海外の大型サーベイ計画との交渉を行うなど、観測的宇宙論の分野において世界的な主導的役割を果たしている。

（研究業績：関連する学術論文）

1. C. Hikage, M. Oguri, T. Hamana, S. More, R. Mandelbaum, M. Takada, et al. “Cosmology from cosmic shear power spectra with Subaru Hyper Suprime-Cam first-year data”, (査読有), Publications of the Astronomical Society of Japan, 71, 43, 2019.
2. M. Takada, R. S. Ellis, M. Chiba, et al. “Extragalactic science, cosmology, and Galactic archaeology with the Subaru Prime Focus Spectrograph”, (査読有), Publications of the Astronomical Society of Japan, 66, R1, 2014.

松本 重貴（東京大学）

久野とともに弱電荷を持つ WIMP 対消滅過程に対する Sommerfeld 増加を示した。WIMP と質量が縮退した粒子がある素粒子模型の現象論研究、カラーを持つ粒子と WIMP の共同対消滅過程から予言される WIMP の残存量の評価、LHC などの加速器実験での長寿命粒子の探索の理論的研究、などを行った。様々な WIMP 模型に対して暗黒物質直接探索、宇宙線反陽子および陽電子、ガンマ線観測からの間接探索、加速器実験からの制限を調べている。また、矮小銀河からの WIMP 対消滅起源のガンマ線の予言の信頼性を上げるため矮小銀河の暗黒物質分布観測を天文学者で行っている。

（研究業績：関連する学術論文）

1. K. Ichikawa, M. N. Ishigaki, S. Matsumoto, M. Ibe, H. Sugai, K. Hayashi, S. Horigome, “Foreground effect on the J-factor estimation of classical dwarf spheroidal galaxies”, Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, (査読有), 468, no.3, 2884-2896, 2014.
2. K. Harigaya, K. Kaneta, S. Matsumoto, “Gaugino coannihilations”, Physics Review, (査読有), D89, no.11, 115021, 2014.
3. B. Bhattacharjee, B. Feldstein, M. Ibe, S. Matsumoto, T. T. Yanagida, “Pure gravity mediation of supersymmetry breaking at the Large Hadron Collider”, Physics Review, (査読有), D87, no.1, 015028, 2013.

早坂 圭司（新潟大学）

Bファクトリー実験（Belle 実験）において、世界最高感度でのレプトンフレーバーを破るタウ崩壊の探索を中核として進めた。スーパー-Bファクトリー実験（Belle II 実験）においては、国際共同によるタウ崩壊解析グループのリーダーを務めるほか、大量のデータ処理を高速に進めるデータ解析環境の構築や機械学習を応用したデータ解析性能の向上を進めている。

（研究業績：関連する学術論文）

1. K. Hayasaka, “Monitoring system for the Belle II distributed computing”, (査読有), Journal of Physics Conference Series, 664, no.6, 062020-1, 062020-4, 2015
2. K. Hayasaka et al. Belle Collaboration, “Measurements of branching fractions of lepton decays with one or more K_S^0 ”, (査読有), Physical Review, D89, 072009, 2014.

中 竜大（東邦大学）

名古屋大学において OPERA 実験などに従事した後、原子核乾板を用いた暗黒物質の到来方向に感度を持つユニークな暗黒物質直接探索実験 NewsDM をグランサッソー研究所に提案し、そのための超微細飛跡検出技術の開発にナポリ大と共同で取り組んで来た。グランサッソーなどでの海外研究経験も豊富にある。現所属の東邦大にスペースがある他、名古屋大学の原子核乾板製造拠点が有り問題ない。

（研究業績：関連する学術論文）

1. N.Agafonova,(78 名略), T.Naka,(他 56 名),”Final Results of the OPERA Experiment on nu-tau Appearance in the CNGS Neutrino Beam”,(査読有), Physical Review Letters, 120, 211801, 2018.

2.【若手研究者育成への貢献】

申請機関と相手国機関が連携して実施する若手研究者を育成するための具体的計画について記入してください。特に組織的な教育体制や体系化された育成プログラムを実施する予定がある場合には必ず記入してください。

以下のように、「分野」と「国境」を横断したグローバルで視野の広い若手研究者を育成する。

【分野を横断した視野の広い研究者の育成】

名古屋大学・素粒子宇宙起源研究機構、理学研究科・素粒子宇宙物理学専攻、宇宙地球環境研究所では、加速器実験による新粒子探索、地下実験における暗黒物質の検出、宇宙観測における暗黒物質に起因するガンマ線の検出、宇宙論と素粒子物理学の融合による新しい素粒子モデルの構築など、様々な分野の研究者がそれぞれの手法で暗黒物質の解明を目指して活躍している。そのような環境で育成された学生は、分野にとらわれず広く興味を持ち、多様な知識と技術を自ら習得し、卒業後には出身分野以外の場でも活躍するだろう。広い視野を持ち学際分野で活躍できる領域横断的な若手研究者を育成する。

【国境を横断したグローバルな研究者の育成】

本事業で共同研究を推進する各実験プロジェクトは、ほとんどが数十人から数百人の各国研究者が参加する大型国際共同研究である。このような環境で研究業績を挙げるためには、独自の発想や技術を持つと共に、国際的かつ競争の激しい環境で切磋琢磨する経験を積むことで、独自性と国際的感覚を兼ね備える事が重要である。この際に形成される若手研究者同士の交流は、将来国際協力を進める上での重要な人脈となる。このことは、比較的少人数のグループ研究ながら、異なる知的・文化的背景を持つ研究者と、長期にわたり議論を重ねる理論研究でも同様である。国境を超えて多様な研究文化を体得し、国際競争の中で活躍できるグローバルな若手研究者を育成する。

上記の若手研究者育成のために以下の施策を行う。

【海外長期派遣】グローバルな若手研究者の養成には、最低1-2ヶ月にわたる海外研究生活の体験が本質的に重要である。研究活動だけでなく、研究手法や考え方、その背後にある文化の違いを体得することで、初めてグローバルな人材に成長できる。本事業では、海外研究現場への1-2ヶ月の若手海外長期派遣を、若手からのプロポーザルを元に競争的に実施する。

【国際交流派遣】海外の研究現場で若手研究者の存在を認めさせるには、各実験グループの国際共同研究体制の中での研究会議の場で若手自身が積極的に成果を発信し、自己アピールする事が重要である。理論研究者にとっては、海外各地でのセミナーがこれに対応する。本事業ではこのような機会を確保するため、1週間程度の海外短期派遣の機会を若手研究者向けに設ける。また、本事業が海外現地で開催するセミナーにも若手研究者を派遣し、自身の成果のアピールと若手同士の人脈形成に活用させる。

【国際スクール開催】広い分野の基礎知識もない状態で学生や若手研究者を国際的環境に送り出しても成果は期待できない。名古屋大学 KMI の定期プログラムとして、加速器実験、地下実験、高エネルギー宇宙線観測、素粒子理論、宇宙論の5領域を網羅した国際スクールを開催し、広い分野の基礎知識を教育するとともに、海外連携機関の若手研究者を招聘し、実験・理論の枠を超えた若手同士の交流を促進する。

【若手中心の共同研究】共同研究「E: 将来構想・開発研究」は、理論・実験に若手研究者が中心になって行うものである。XENONnT 実験や Belle II 実験の結果が出揃う2022年度から開始する。若手研究者はそこまでに海外研究拠点に滞在し、共同研究のためのネットワークづくりを行う。暗黒物質の正体解明は本申請課題期間中に完了するものではなく、徹底的な解明には今後数十年かけて実現していくものである。若手が中心に将来構想・開発の共同研究を行うことで、次の世代の暗黒物質研究の研究者を育成することが重要である。

【国際共同学位プログラムの推進】エジンバラ大学と名古屋大学間には共同学位プログラムが2016年より発足しており、グローバルな視野を持った博士課程大学院生を共同で教育してゆく基盤が整備されている。2018年には、1名のエジンバラ大学院生が1年間名古屋大学に滞在、同時に1名の名古屋大学の大学院生がエジンバラ大に滞在している。共同学位プログラムを活用して大学院生の循環を図りながら、他の海外拠点・協力機関との間にも共同学位プログラム締結を検討していく。また名古屋大学では、より柔軟な国際共同博士指導プログラムも検討中で、本事業での活用が期待できる。

3.【日本側実施体制】

(1) 日本側拠点機関において、世界的水準の研究交流拠点形成の計画が、当該機関の研究交流活動上、どのように戦略的に位置づけられているか記入してください。

申請機関である名古屋大学の特色は、理学研究科・素粒子宇宙物理学専攻、宇宙地球環境研究所において、国際的な加速器実験、地下実験、宇宙観測、理論の分野で世界をリードするグループが結集している点にある。それまで独立に研究してきた各グループは、グローバル COE プログラム「宇宙基礎原理の探求」(平成 22～24 年度)を経て連携し、小林誠・益川敏英両氏がノーベル賞を受賞したことを機に、恒久的な融合の場として 2010 年に素粒子宇宙起源研究機構(KMI)が設立された。2019 年 10 月より KMI は素粒子宇宙起源研究所(KMI)として改組し、研究力強化として発足した国際高等研究機構に、WPI 機関であるトランスフォーマティブ生命分子研究所(ITbM)と共に編入され、名古屋大学の国際的・先端的基礎研究を担うショーケースとしての役割が強化されることとなった。本申請課題は、この戦略を加速し、定着させるための重要な計画として位置付けられている。

一方、名古屋大学研究大学強化促進事業による最先端国際研究ユニット(WPI-next)として飯嶋・戸本・久野が参画する「重フレーバー素粒子物理学国際研究ユニット」が措置され、名古屋大学が得意とするフレーバー物理の実験と理論の連携研究を促進するとともに、外国人客員教授、外国人特任准教授を受け入れるなど、国際的な研究活動を積極的に進めている。このユニットは 2019 年度で終了するが、分野を超えた連携研究、国際共同研究をさらに発展させるため、KMI 内にフレーバー物理国際研究センター(仮称)を設置する予定である。本申請課題も同様に、採択されれば課題終了後は、KMI 内に暗黒物質国際情報融合センター(仮称)の設置を申請し、5 年間で構築した国際拠点を継承し、さらに発展させる。

また名古屋大学理学研究科では、2016 年よりエジンバラ大との国際共同学位プログラムを発足させている。本研究交流拠点形成により、国際共同学位プログラムの加速に資する他、他の国際拠点が関係する海外大学を加えた国際共同学位プログラムへの拡張も検討している。また、文科省の設置審を通す必要のない、大学間協定レベルで実現できる、より柔軟な国際共同博士指導プログラムの導入を名古屋大学は現在検討している。

(2) 日本側拠点機関における多国間研究交流の実施体制(研究費、研究施設、設備、人員を含む)について、機関としてどのように継続的に交流を実施するのか記入してください。また、日本国内の他機関の研究者の役割や協力体制についても、記入してください。

本事業で構築される研究協力体制に基づき、分野横断的に得られた暗黒物質の正体に関わる情報を KMI に集約し、さらに決定的な証拠を得る将来計画の立案と実行を、KMI をハブとして行なっていく。

KMI においては、ノーベル賞受賞者である小林誠機構長の元、久野副機構長、飯島現象解析研究センター長、野尻基礎理論研究センター長に加え、伊藤、田島、中浜、中村、市来、竹内ら本申請の参加研究者が構成する運営小委員会が全体の活動を統括しており、国際研究会開催を含む本研究交流計画全体を議論し統括する。各共同研究においては、加速器実験(飯島、中浜、清水、北口、アレサンドロ)、地下実験(伊藤、中村、風間)、宇宙観測(市来、田島、奥村、宮武)、理論研究(久野、竹内、野尻、杉山)が、KMI、理学研究科、宇宙地球環境研究所の教員と連携しながらそれぞれ個々の研究を推進する。加速器実験に関する活動については、KMI フレーバー物理国際研究センター、および理学研究科タウレプトン研究センターとの連携も行う。基盤となる研究費や研究設備は、個々の研究者の持つ研究設備や科研費が十分に期待できる他、国際研究会開催等については KMI 自身の予算からも投入する。また、国際高等研究機構として位置付けを活用して学内の総長管理教員や競争的資金の獲得も行う。KMI 事務室は事務管理、国際研究会開催や外国人研究者受入の支援についてこれまで実績があり、理学研究科事務、宇宙地球環境研究所事務と協力して行う。

日本側連携機関において、KEK は B ファクトリー実験のホスト機関として、また LHC アトラス実験の国内拠点として加速器による暗黒物質実験を牽引してきた。飯島は Belle II 実験代表者を務める。また東京大学宇宙線研究所は、スーパーカミオカンデ・ハイパーカミオカンデは元より、暗黒物質探索 XMASS 実験など神岡地下実験での暗黒物質研究を推進してきた。伊藤はスーパーカミオカンデ・エクゼクティブ委員、ハイパーカミオカンデ国際ステアリング委員会チェアを務める。両機関はそれぞれ加速器実験、地下実験のミッションに特化しており、暗黒物質研究のための他分野との連携について、本事業での研究交流計画が果たす意義は本質的である。特に KEK のような大学院生を持たない直轄研は、教育機関である大学との連携が若手育成への直接的な貢献につながる。

（３） 多国間研究交流拠点の形成に向けた日本国内における研究協力体制（参加研究者の役割、規模を含む）について記入してください。

日本国内においては、KMI が様々な分野をつなぐハブとなり、東大宇宙線研や KEK、天文台といったそれぞれの専門分野に特化した国内研究機関を連携し、東大 IPMU、東北大、新潟大、神戸大、広島大、東邦大等の国内の各大学機関を束ねて、海外の国際的な暗黒物質研究機関との交流体制を形成する。

加速器実験では、中浜と来年度 KEK に移る戸本が、KEK・花垣とともに LHC 実験により超対称性粒子など新粒子探索の研究を進める。飯嶋と Alessandro Gaz、新潟大・早坂が協力して、イタリア核物理学研究所と連携して B ファクトリー実験を遂行し、名古屋大の計算機施設を活用して B 中間子やタウレプトン崩壊による新粒子探索を進める。清水・北口は精密冷中性子実験により超対称性粒子の兆候に迫る。

地下実験では、伊藤、風間が東大の森山、マルテンス、神戸大の身内と共に、マックスプランク研究所、イタリア国立核物理学研究所と連携し、XENONnT 実験での暗黒物質の探索を行う。また、中村は東邦大・中と連携し、原子核乾板を用いた方向感度を持つ暗黒物質探索 NEWSdm をイタリア国立核物理学研究所ナポリと共同で行う。またスーパーカミオカンデ、ハイパーカミオカンデにおいて、伊藤はエジンバラ大と連携し、ニュートリノを用いた暗黒物質探索を推進する。

宇宙観測において、市来、宮武はエジンバラ大と連携し、すばる望遠鏡での観測とエジンバラ大が主導する EUCLID、KiDS の観測を融合し、重力レンズ効果の解析を東大 IPMU の高田と行なって、暗黒物質の存在量を測定する。また、宇宙ガンマ線観測において田島、奥村が広島大・水野と連携し、Fermi 衛星を用いた暗黒物質対消滅ガンマ線探索を行う。伊藤はカールスルーエ工科大と宇宙線相互作用の精密化を図る。さらに田島は、マックスプランク研究所、INFN パドヴァと連携して SiPM 光検出器を用いた CTA 望遠鏡の開発を進め、100 MeV から 100 TeV 領域に至る広帯域でのガンマ線観測を推進する。また、伊藤、風間と共に SiPM 光検出器の将来の超大型暗黒物質検出装置への応用を検討する。

素粒子論研究において、久野、竹内、東大 IPMU の松本が中心となり、拠点および協力機関と連携して、上記の実験結果を統合した解析を行い、暗黒物質正体とその背後の理論の研究を進める。また、暗黒物質を含む初期宇宙論の研究を杉山、東北大学の高橋と行う。野尻は修正重力理論の立場から、暗黒物質の性質について研究を行う。

（４） 経費支給期間終了後の継続性

経費支給期間終了後、どのように国際研究交流拠点として活動を継続するのか記入してください。

本経費で構築した暗黒物質研究を進める連携研究体制を継承し推進するため、KMI 内に暗黒物質国際情報融合センター（仮称）を設置し、本経費で培った分野間連携、国際連携、若手支援を推し進め、暗黒物質の最終的な解明を目指す研究体制へと発展させる。

2019 年 10 月、KMI は名古屋大学国際高等研究機構の一員として素粒子宇宙起源研究所に改組され、本学の先端基礎科学研究のショーケースの役割を担うことになり、学内の様々な予算的・人力的支援が期待される。暗黒物質国際情報融合センターの運営について、KMI の運営費の一部を当てるとともに、最先端国際研究ユニット(WPI-next)などの学内の競争的資金や大型科研費、総長管理教員ポストの獲得を行い、経費支給機関終了後の活動経費とマンパワーを確保する。

現在、KMI には基礎理論研究センターと現象解析研究センターがあり、それらは素粒子・宇宙の理論、実験的研究に分かれる。KMI が素粒子起源研究所に改組される際、両センターは基礎理論研究部門と現象解析研究部門となる。本経費で実現する分野を超えた暗黒物質研究の連携研究体制を事業終了後も継続させるため、KMI の下にある 2 つの部門を横断する形で暗黒物質情報融合センターを設置する。

このセンターでは、今後数十年に渡る暗黒物質の共同研究を支えるとともに、分野横断の暗黒物質研究の国際会議、国際スクール、人材交流を行うことで暗黒物質研究の情報の集積を行い、さらに本申請期間中に始まった若手中心による将来構想・開発研究を継続して行っていく。

若手研究者の海外長期派遣を様々な財源により継続し、グローバルな研究人材の育成を続けながら、現在エジンバラ大と結んでいる国際共同学位プログラムを他海外拠点機関へと拡大し、さらに国際共同博士指導プログラムを併用しながら、素粒子・宇宙を問わず領域横断的に活躍できる人材を創出してゆく。

4.【相手国拠点機関とのネットワークの構築】

（1）我が国と複数相手国との間で実施される当該多国間交流の特色とその拠点機関の組み合わせの研究交流上の継続の実現性について、記入してください。

【当該多国間交流の特色】KMI は、素粒子論、宇宙論、高エネルギー加速器実験、宇宙線実験、地下実験の各分野のエキスパートがそろい、暗黒エネルギー・暗黒物質研究を多面的に推進している世界的にもユニークな研究所である。本他国間交流の特徴は、KMI がハブとなり、各国で「加速器実験」「地下実験」「宇宙観測」「理論研究」の異なる4分野で独立に行われている暗黒物質研究を統合する。これら4分野は、それぞれ「暗黒物質の生成、暗黒物質が寄与する相互作用の検証」「検出器に飛び込む暗黒物質の直接観測」「暗黒物質が宇宙に残す痕跡（暗黒物質の重力場の可視化、暗黒物質が生ずる宇宙線観測）」「暗黒物質を記述する素粒子論・宇宙論の検証」に対応している。未だに糸口がつかめていない暗黒物質の解明のため、上記4分野を統合し系統的に取り組み国際研究拠点を構築することに大きな特色がある。

本交流のパートナーであるドイツ、イタリア、イギリスは、加速器実験の世界拠点 CERN の主要国として LHC 実験を牽引しながら、宇宙と素粒子物理が交錯する宇宙素粒子物理学を興し、ニュートリノ物理や暗黒物質探索、宇宙線天文学の中心地にもなっている。中でもマックスプランク研は CTA と XENONnT 実験、INFN パドヴァは CTA、Belle II 実験及び素粒子論、エジンバラ大は ATLAS 実験と銀河サーベイ観測の国際拠点である。本交流では、これら欧州各拠点とアジアのハブとなっている日本・韓国の間を往還する人材交流を目指す。特に、名古屋大学が進める国際共同学位プログラムと、新たに計画中の国際共同博士指導プログラムを活用して、若手交流活動を博士教育プログラムに落とし込むことを考えている。さらに交流の出口戦略として、次世代の暗黒物質研究計画を国境・分野を超えた若手自身の手によって提案してもらい、それを実現していく母体の構築を目指していることが特徴である。

【継続の実現性】各国拠点はそれぞれの研究プロジェクトの国際拠点となっており、研究体制は長期的に保証されている。その中で、暗黒物質の最終的な理解のためには、異なるプロジェクト間の連携が必須である事は、5年間の本事業を通じて確信されると考える。さらに、それを継続的に進展させる仕組みとして、1) 暗黒物質解明に向けた将来計画検討のプラットフォームの結成と、2) 国際共同学位プログラムやそれを拡張した各機関連携の合同博士人材育成プログラムを立ち上げることで、本研究交流拠点の枠組みが継続発展していくと考えている。

（2）相手国拠点機関との研究交流の準備状況

相手国側拠点機関の機関としての継続的な交流実施体制及び相手国側コーディネーターとの、本事業に係る準備状況について記入してください。なお、相手国側の予算獲得見込みについても触れてください。また、すでに機関間・部局間等で相手機関と協定を締結し交流している場合には、締結年月、協定の内容及び協定に基づく交流状況についても記入してください。

イタリア側研究者とは、Bファクトリー実験の共同研究機関として、既に緊密な共同研究を進めている。また、INFN パドヴァ出身の Gaz 氏が名古屋大学に在籍しており、より緊密な共同研究の基盤が構築できている。INFN パドヴァと KMI は 2019 年、学術交流協定を結んだ。イタリア側においては、Bファクトリー実験を進めるための予算は既に獲得されており、これをさらに進めるために日伊科学技術協力による研究資金への申請を行っている。

ドイツ側コーディネーターである Hinton とは、次世代のガンマ線観測装置 CTA の開発のため、2013 年より助教や学生を長期派遣して協力を開始している。XENONnT 実験はすでに本体予算は措置されており、名古屋大学、東京大学、神戸大学が 2017 年 12 月に正式に実験に参加し、Lindner 氏と実験準備を進めている。2018 年以降、伊藤、風間、森山らが欧州に度々滞在して、Lindner 氏や Selvi 氏らと綿密な研究打ち合わせを行なっている。

エジンバラ大学の Leonidopoulos と中浜は、共同で LHC・ATLAS 実験で統合トリガーシステム・性能グループのコーディネーターを務めており、緊密な協力関係を築いている。また、エジンバラ大学では、LHC 実験における新粒子探索とトリガー研究を進めるための予算は既に獲得されている。エジンバラ大学 Higgs center とは 2014 年に学術交流協定を結んでいる。また、エジンバラ大学-名古屋大学の共同学位プログラムがすでに開始しており、名古屋大の学生 1 名がエジンバラ大で指導を受けるとともに、エジンバラ大学院生 1 名が名古屋大学理学研究科の博士課程に編入し、その指導教員と共に 1 年間滞在してニュートリノの共同研究を行っている。エジンバラ大学 the Institute for Astronomy (IfA) の Peacock と市来は、すでに学生の派遣などの実績があり、Euclid 計画の Taylor、KiDS の Heymans ら銀河大規模サーベイ計画の PI 級研究者との連携を進めている。

韓国の基礎科学研究所の Choi 氏と久野は、国際会議などの場で頻繁に議論を行ってきた。伊藤と Yeongduk Kim 氏は共同研究の実績を持つ。今後研究機関同士でのより緊密な協力関係を築くため、人事交流を進めることを計画している。基礎科学研究所の年間運営予算の一部が本事業に当てられる。

（3）日本に構築する世界的水準の国際研究交流拠点の構想とその将来にわたる継続的な発展の見込みについて2ページの実施体制概念図を踏まえて記入してください。

本事業期間中に各共同研究において様々な成果が期待でき、暗黒物質の正体に関する最初のヒントが得られる可能性が高い。しかし、これは端緒にすぎず、暗黒物質の最終的な解明のためには、本事業終了後も本研究交流拠点をベースとして、今後数十年にわたる多面的な暗黒物質研究の継続的発展が、その最終的な正体解明のために必須である。これを実現するため、1) 将来にわたって横断的に暗黒物質研究を進めるための研究ハブを構築し、2) 分野と国境を超えて将来の暗黒物質研究を牽引できる若手研究者の継続的育成、の2点が重要と考え、具体的に以下の構想を持っている。

【暗黒物質について4分野横断的に研究を進める研究センターの設立】KMI内に新たに暗黒物質国際情報融合センター（仮称）を設立、事業期間中の研究交流で得られる暗黒物質に関する様々な情報（加速器実験の結果と素粒子模型への制限、地下実験による直接探索結果、宇宙観測による重力レンズ観測、暗黒物質からのガンマ線探索、素粒子論・宇宙論研究）を蓄積し、研究交流を継続して暗黒物質の正体に迫る。これらの連携を元に、暗黒物質をキーとする様々な研究分野の国際研究会、国際スクールの開催を行う。

【欧州と日本を往来する若手研究者の循環と共同指導体制】宇宙と素粒子、実験と理論の各分野が交差する名大KMIをハブとして、KEKと東大宇宙線研神岡地下施設という暗黒物質に関わる国内の2大研究施設と連携し、欧州の連携拠点から多くの若手研究者を招聘する（インバウンド）。同時に、国内の連携機関の若手研究者をとりまとめ、欧州のCERN、グランサッソーなど中核研究施設を含む連携機関へ短期、中期に派遣し（アウトバウンド）、グローバルな研究経験の涵養と国際的な研究人脈の形成を促す。これらの施策を博士教育の中で位置付けるため、名古屋大学が現在エジンバラ大学と行なっている国際共同学位プログラムを活用、さらに本研究交流拠点機関全体を含むプログラムへ拡張し、また国際共同博士指導プログラムを利用することで、分野と国境を超えて将来の暗黒物質研究を牽引する人材を育成する。

【若手研究者による暗黒物質将来研究計画の策定と推進】本拠点の成果をもとに、KMI内に設置する新センターにおいて、若手研究者による暗黒物質将来計画の策定を支援し、実際にその研究実現のための実験技術開発を国際協力で行うプラットフォームとする。さらに、学内の総長裁量ポストや学部資金などを用いて若手研究者ユニットを立ち上げ、海外拠点機関と連携した将来の暗黒物質研究のための開発研究、萌芽的理論研究を行う場として活用する。

（4）全ての相手国拠点機関について、機関として継続的に交流を実施できる体制（参加者の規模等）を備えているか記入してください。

ドイツにおいては、CTA実験の中心拠点であるマックスプランク核物理研究所(MPIK)のHinton教授が率いる宇宙ガンマ線観測の拠点があり、CTA建設とTeV領域の暗黒物質間接探索を進める。同研究所はLindnerが率いる暗黒物質、ニュートリノ物理の研究者9名からなる地下実験の拠点でもあり、彼がCo-PIを務めるXENONnT実験での暗黒物質直接探索を進める。MPIKは周辺のハイデルベルグ大学等のドイツ国内の大学と連携をしており、これらの大学から定常的に多くの大学院生やPostDocなどの若手研究者が往来している。

イタリアにおいては、国立核物理研究所(INFN)が拠点となる。INFNはイタリア国内の核物理と宇宙物理を統括する研究機関で各地に分散し、各地の大学と連携併任することで博士教育にも参画している。その中でINFNパドヴァはパドヴァ大学と連携しながら、Belle II実験の中核であると共に、CTA実験のイタリア内の拠点であり、素粒子論の拠点でもある。6名のBelle II実験の共同研究者、3名のCTAの共同研究者、また素粒子現象論研究を行うスタッフ11名が所属する。また、INFNグランサッソーは、多くの暗黒物質直接探索をホストする地下実験施設であり、XENONnT実験及びNEWSdm実験の現場である。

イギリスでは、ノーベル物理学賞を受賞したHiggs教授を擁するエジンバラ大のHiggs Centerは素粒子論および宇宙論の理論的研究の拠点である。また、理学研究科で行われているLHC-ATLAS実験での重い新粒子探索の物理解析(4名)や、スーパーカミオカンデ・ハイパーカミオカンデでのニュートリノ・暗黒物質研究(4名)を進めている。理学研究科にはXENONnT実験と競合する暗黒物質探索LZ実験のグループもあり、将来計画において連携が拡大する可能性もある。また、同大学のthe Institute for Astronomy (IfA)は宇宙大規模観測の拠点であり、Peacockと市来はすでに学生の派遣などの実績があり、Euclid計画のTaylor、KiDSのHeymansらの進める宇宙の大規模構造を探り、暗黒物質の存在量を調べる計画を先導している。

韓国では基礎科学研究所(IFS)が拠点となる。IFS Center for Theoretical Physics of the Universeは17名の主に素粒子論に取り組む理論研究者を擁し、暗黒物質を説明する素粒子模型に取り組む他、国際会議を数多く行ってきた実績から、セミナー開催を支援する。また、IFS Center for Underground Physics (CUP)は26名のニュートリノ、暗黒物質の研究者を擁する地下実験専門研究グループであり、韓国国内に専有の地下実験施設を持ち、即時の暗黒物質探索実験を進めている。また暗黒物質のもうひとつの有力な候補アクシオン探索実験を行うCenter for Axion and Precision Physics Researchもあり、本事業と相補的な連携も可能である。

5.【研究交流計画】

(1) 事業の目標達成に向けた多国間共同研究の計画(相手国コーディネーター及び研究機関との事前交渉状況を含む)

多国間共同研究の計画

共同研究整理番号	共同研究課題名	実施予定期間	参加国
R1	LHC を用いた暗黒物質素粒子生成の研究	2021-2024	日本、イギリス、イタリア
R2	B 中間子精密測定実験による暗黒物質の探索	2020-2024	日本、イギリス、イタリア、韓国
R3	暗黒物質の直接探索実験	2020-2024	日本、ドイツ、イタリア
R4	暗黒物質からの宇宙ガンマ線観測	2022-2024	日本、ドイツ、イタリア
R5	宇宙大規模構造の観測による暗黒物質研究	2021-2024	日本、イギリス
R6	暗黒物質に関する素粒子論・宇宙論研究	2020-2024	日本、イギリス、ドイツ、イタリア、韓国
R7	暗黒物質探索の将来計画の検討と策定	2022-2024	日本、イギリス、ドイツ、イタリア、韓国

適宜、行を加除してください。

の各共同研究の具体的な内容。(相手国のマッチングファンドの獲得の見込みを含む)

R1: エジンバラ大の若手含む研究者グループともに、超対称性粒子とジェット対共鳴状態という、相補的な暗黒物質粒子生成を探索する。暗黒物質検出専用のトリガーを新規開発、未探索の信号に感度のある事象の収集を可能にする。2021-2023年までに取得するデータ 300 fb^{-1} を使い、本事業期間内にデータ解析結果を公表する。相手国は ATLAS 実験の新粒子探索およびトリガー開発のファンドをもつ。

R2: 2024年までに 10 ab^{-1} を超えるデータを蓄積、 10^{11} 以上の B 中間子、タウレプトンなどを用いて新物理探索を進める。暗黒物質の候補となりうる物理の質量探索領域は $10\text{-}100 \text{ TeV}$ に達する。また暗黒物質に崩壊する未知粒子の探索結果を得る。検出器の性能やデータ解析効率の改良を進め、探索感度の改良を進める。イタリアは Belle II 実験での共同研究の予算があり、また検出器性能改善の予算を申請準備中である。

R3: マックスプランク研究所と INFN ボローニャの XENONnT 共同研究者と共に、グランサッソー研究所での XENONnT 実験により暗黒物質の直接探索を行う。特にボローニャグループとは暗黒物質の背景事象となる中性子を除去する中性子 Veto 検出器の建設と運用を行う。XENONnT 実験に関する予算は両機関において確保済みである。またエジンバラ大とスーパー及びハイパーカミオカンデにおけるニュートリノ研究を行う。

R4: INFN パドヴァの研究者と Fermi 衛星のデータ解析を進める。イタリアでは事業期間中は一定の予算を獲得できる見込みである。CTA 計画のカメラ開発の中心であるマックスプランク研究所とカメラの較正手法を確立する。中口径望遠鏡の光検出器を電子管から半導体に代替する事で感度向上を目指す。マックスプランク研究所と共同でカメラの試作機を製作、試験観測を通して設計を検証する。本事業期間中に望遠鏡を設置、観測を開始する。CTA の中心拠点マックスプランク研究所の予算は確保されている。

R5: エジンバラ大学の KiDS/DES と日本の HSC のデータを比較し、系統誤差の理解を進める。これらのデータを合わせた世界最大の撮像データから重力レンズ効果を通じて暗黒物質の 3 次元分布を推定、暗黒物質の存在量とその分布の揺らぎの大きさを求める。相手国は観測予算を確保済みである。

R6: 加速器実験、地下実験、宇宙観測の統合解析を行うと共に、そこから理論的に期待される可能性の検証方法について、拠点機関、協力機関の若手を含む理論研究者の相互訪問や、韓国 IBS と共同で組織する小規模の理論研究会を通して、情報共有と新たな研究の可能性の探索を行う。韓国 IBS、INFN パドヴァは理論グループの経常予算を当てる。

R7: 暗黒物質の統合解析から理論的に期待される可能性を検証する将来実験・観測計画の策定について、若手を中心とした国際共同研究を行うと共に、必要な実験・観測技術の開発をマックスプランク研究所など各国の参加機関と行う。研究旅費や開発予算については各グループの経常予算が十分に確保されている。

交流期間（最長5年間）を通じて実施する共同研究がどのように事業の目標達成（自立的で継続的な国際研究交流拠点の構築と次世代の中核を担う若手研究者の育成）に結びつくのか記入してください。

【各共同研究による暗黒物質の多面的な探索】

本事業では、4つの分野にまたがる以下の多面的な国際共同研究を有機的に結合しながら、暗黒物質の正体とそれを支配する理論の解明を行う国際研究交流拠点の構築を行う。

加速器実験においては、R1により高エネルギー加速器実験によって暗黒物質を生成する事を目指す。同時に、R1、R2により暗黒物質が通常の素粒子の振る舞いに残す痕跡を実験的に探索し、その結果からR6の理論的研究とも連携して、暗黒物質が従う物理法則を明らかにする。

地下実験R3においては、暗黒物質と物質との散乱を研究する。宇宙空間を飛び交う暗黒物質が、地下実験室に設置した検出器に飛び込んで残す痕跡を探索し、暗黒物質の直接的な信号を得る事を目指す。また、太陽中の水素と散乱した暗黒物質がつくる高エネルギーニュートリノを探索する。

宇宙実験では、R4において銀河に集積した暗黒物質が対消滅によって生成するガンマ線を探索し、暗黒物質の生成の逆過程を探ることで暗黒物質の証拠を探索する。また、R5において暗黒物質が生ずる重力場を重力レンズ効果により直接観測し、現在の宇宙における暗黒物質の存在量を測定する。

R6の理論的研究においては、上記R1-R5の全ての成果を統合して解析を進め、暗黒物質の兆候を世界に先駆けて発見する。兆候が見つからない場合でも、暗黒物質が従うはずの拡張された基本法則について検討を進め、暗黒物質の正体についてどのような可能性が残されているか議論する。

R7において、R6の議論を元に将来の暗黒物質研究計画を策定し、必要な実験技術について議論を行い、開発研究を組織して推進し、R1-R5の将来共同研究へフィードバックする。これらの連携研究体制を本事業終了後も継続して担保するために、KMI内に暗黒物質情報融合センターを設立し、その後も数十年に渡って続く暗黒物質の多面的な研究を、自律的に継続的に推進する国際的拠点としていく。

【自立的で継続的な国際研究交流拠点の構築】

上記R1-R5の暗黒物質探索はそれぞれ得意とする観測量や感度を持つ領域が異なり、もたらされる多面的な情報を交換・融合し、さらに蓄積していくことが重要である。本事業での国際研究交流拠点がその機能を担い、毎年企画するセミナー（国際シンポジウム）が、各共同研究間の連携と将来へ向けた議論の場となる。初年次に各国拠点関係者、連携研究者が一同に会し、拠点の趣旨と計画を共有し、全共同研究間での交流を開始する。各年次にはそれぞれのトピック（2年次：暗黒物質探索、3年次：宇宙論・素粒子論、4年次：加速器実験、5年次：成果報告と総括）に焦点を当てたシンポジウムを開催、3年次からは1、2年次に得られた結果から、R7:将来計画策定の議論も開始する。5年次に策定される将来計画が、事業終了後の自律的で継続的な交流の原動力となる。事業終了時にKMIに設置される、暗黒物質情報融合センターが、継続的な交流活動の母体として交流活動を推進していく。

【次世代を担う若手研究者の育成】

本事業においては、若手を1-2ヶ月研究の現場へ派遣する「海外長期派遣」により、大学院生、若手研究者がR1-R8の国際共同研究を進める中で、それぞれの研究内容に応じて様々先端手法や技術を身につける。例えば、R1、R2ではトリガー開発や大規模素粒子データ解析においてビッグデータ処理を学び、R3においては超高感度放射線測定技術や低放射性バックグラウンド技術、R4、R5においては大量の天文画像データ処理や機械学習を学ぶ。R7においては、真空紫外技術や将来の半導体光センサーを学ぶ。理論研究のR6においても、KMIがこれまで推進してきた計算機を用いた先端的な理論研究を学ぶ。それと同時に、国際共同研究を行う中で、海外各国の外国人若手研究者と出会いながら経験を積み、国境を超えた人脈形成を促す。例えば、CTA計画のカメラ開発の中心となっているマックスプランク研究所に若手研究者を派遣することで、若手研究者が海外で活躍する素地を提供する。逆に日本のBelle II実験やスーパーカミオカンデには多くの若手外国人研究者が滞在して研究しており、留学生の希望も多い。これらの相手国のマッチングファンドを活用した双方向の人材交流により「若手中心の共同研究」を推奨し、国際的な若手ネットワークの形成を目指す。さらに、本事業が毎年企画するセミナー（国際シンポジウム）において、R1-R7の各共同研究者が一同に会し、若手と分野を超えた交流を行う。毎年のセミナーにはこれまでKMIが培ってきた「国際スクール」を併設し、各国拠点研究者から専門知識を若手が吸収する場ともなる。これらの出口にある「国際共同学位プログラム」により、各共同研究での若手育成の成果を、各国拠点の研究者も参画する国際的な学位認定へ繋げる。ここで育成された若手研究者たちは、分野と国境を越えた次世代の若手研究者として、R7で策定された将来の暗黒物質研究を牽引する。これらの若手育成、セミナー・スクール開催等を、事業終了後もKMI暗黒物質情報融合センターが担ってゆく。

（２）セミナー開催計画

年度ごとに開催するセミナーについて以下３点を記入してください。

開催国、日数、参加拠点、参加人数

相手国との事前交渉の状況（相手国開催の場合は相手国の開催経費負担についての交渉含む）

期待される成果

注意）

- 1 の開催国は、原則として日本または相手国とします。
- 2 「期待される成果」には相手国とのネットワーク形成や若手の育成の効果等、本申請の目標達成に向けた計画について記入してください。

【2020 年度】

日本（名古屋）、5 日間、全拠点参加、参加予定 60 名

日本への参加には同意済み

キックオフ会議として本拠点の趣旨と計画を共有し、拠点全体の交流を図る。各共同研究の紹介と研究成果の融合戦略について議論を行う。また、若手同士の企画による交流会を合わせて開催し、若手自身の研究紹介や、関心のあるテーマについてのミニワークショップを通じて、国境と分野を超えた若手ネットワークの立ち上げを行う。また暗黒物質の観測的証拠について素粒子と宇宙を横断したスクールを開催する。

【2021 年度】

ドイツ（ハイデルベルグ）、5 日間、日本、ドイツ、韓国、イタリア、参加予定 80 名

ドイツ（ハイデルベルグ）での開催で同意済み

R3 暗黒物質直接探索、および R4 ガンマ線を用いた探索に焦点を当てた会議を開催する。特に R3 において 2020 年から開始の XENONnT 実験の初期成果が得られ、発見の兆候が得られた場合、その結果をにガンマ線探索戦略にフィードバックする。同時に暗黒物質直接探索に関するスクールを開催し、若手を育成する。

【2022 年度】

イタリア（パドヴァ）または韓国（テジョン）または日本（名古屋）、5 日間、全拠点参加、参加予定 80 名

現在打診中

2020 年から開始している Belle II 実験の成果と、2021 年に運転開始の LHC Run-3 の初期成果を連携し、加速器による暗黒物質探索と、暗黒物質を記述する拡張した素粒子理論についての会議を行う。同時に、若手による将来実験に向けた技術開発研究に関する国際スクール・交流会を開催する。

【2023 年度】

英国（エジンバラ）または韓国（テジョン）、5 日間、日本、英国、ドイツ、参加予定 80 名

エジンバラでの開催について打診中、本年 10 月に議論する。

宇宙論および素粒子論に関する会議を開催し、将来計画の議論と提案も行う。2022 年に観測開始の PFS サーベイ、Euclid 衛星の初期成果を得て、暗黒物質の宇宙空間での総量と分布について結果を得る。将来計画を策定する議論も開始する。国際スクールとして、暗黒物質とニュートリノに関する宇宙論と素粒子論を横断するスクールを開催する。また、若手研究者による将来計画策定ワークショップをあわせて開催する。

【2024 年度】

日本（名古屋）、5 日間、全拠点参加、参加予定 80 名

日本への参加について了解済

成果報告会議として各共同研究の研究成果と、本国際交流拠点の活動成果を共有し、拠点の今後の将来についてプランを策定する。XENONnT 実験の直接探索結果や、CTA でのガンマ線による間接探索結果、さらに LHC Run-3、Belle II 実験の加速器実験の結果がほぼ揃い、宇宙観測による暗黒物質解析結果も得られている。この時点で得られている全ての知識を総合して、暗黒物質の正体解明への糸口をつかみ、次の計画の策定につなげる。これらの将来計画の議論について、若手研究者自身の企画による国際将来計画検討シンポジウムを合わせて開催する。この若手研究者のネットワークが事業終了後の次の世代の国際連携研究プラットフォームとなる。

（3）経費

相手国負担による来日の計画

相手国名	経費負担区分 (パターン1または2)	初年度の相手国側経費による 来日見込
ドイツ	パターン1	10人(84人日)
イタリア	パターン1	19人(586人日)
イギリス	パターン1	5人(65人日)
韓国	パターン1	7人(35人日)

注意)

- 相手国側の「経費負担区分」については、パターン1またはパターン2のどちらかを記入してください。
パターン1：日本側研究者の経費は振興会が、相手国側研究者の経費は相手国側学術振興機関等が負担。
パターン2：派遣国が派遣にかかる費用を負担し、受入国が受入にかかる滞在費等を負担する等、対等な経費費目を支出。
- 「初年度の相手国側経費による来日見込」については、「8人(56人日)」(=8人が7日間ずつ計56人日間来日)のように記入してください。
- 適宜、行を加除してください。

初年度日本側経費内訳

注意)

- 「主な使途目的」については、別紙1「研究拠点形成事業経費の取扱いについて」を参照してください。

経費費目	主な使途目的	内訳	計(千円)
外国旅費	若手長期派遣 研究者交流	10人(600人日)(日本-欧州) 8500千円 2人(120人日)(日本-韓国) 1300千円 12人(112人日)(日本-欧州) 5120千円 2日(10人日)(日本-韓国) 200千円	15,120千円
国内旅費	キックオフ会議国内旅費 国内打ち合わせ旅費	15人(75人日) 1200千円 10人(20人日) 300千円	1500千円
物品費	キックオフ会議開催費	会議開催用物品 300千円	300千円
謝金	キックオフ会議開催支援	会議事務支援員雇用 600千円	600千円
その他	事業ホームページ作成	ホームページ作成一式 400千円	400千円
合計	17,920千円 (本会への申請経費(電子申請システム入力部分の【申請経費】の初年度の額)を記入してください。)		

- 外国旅費については、内訳に、渡航区間と人数(人日数)を、「2人(14人日)(日本-米国)」(=2人を7日間ずつ計14日間日本から米国に派遣する)のように記入してください。
- 相手国との経費負担区分によって、派遣旅費と受入旅費を負担する国が異なります。受入旅費が発生するのは、経費負担区分パターン2の場合です。(詳細は、別紙1「研究拠点形成事業 経費の取扱いについて」を参照してください。)

一般国民に理解できるよう、平易な言葉で記入してください。

この様式は、独立行政法人日本学術振興会において定められたものです。様式の改変はできません。

相手国マッチングファンド（申請予定を含む）

1) 相手国側研究機関名（国名）	2) 相手国側申請先学術振興機関等名	3) プログラム名	4) 申請状況	5) 支給（予定）期間	6) 支給（予定）総額
国立核物理研究所パドヴァ（イタリア）	European Commission	Jennifer/Belle II	交付決定済	2020年4月1日～2022年3月31日	現地通貨 30千ユーロ 日本円換算額 3,600千円
		AIDA2020/PID	申請中	2020年4月1日～2021年3月31日	現地通貨 162千ユーロ 日本円換算額 19,440千円
	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	Operation fund (Belle II)	交付決定済	2020年1月1日～2020年12月31日	現地通貨 45千ユーロ 日本円換算額 5,400千円
		Operation fund (Fermi)	申請中	2020年1月1日～2020年12月31日	現地通貨 30千ユーロ 日本円換算額 3,600千円
		Operation fund (CTA)	申請中	2020年1月1日～2020年12月31日	現地通貨 350千ユーロ 日本円換算額 42,000千円
		General Travel Fund for Theory Group	交付決定済	2020年1月1日～2020年12月31日	現地通貨 15千ユーロ 日本円換算額 1,800千円
マックスプランク核物理研究所（ドイツ）	Max Planck Society	Start-up Funds	交付決定済	2014年12月1日～2021年11月30日	現地通貨 3,970千ユーロ 日本円換算額 476,400千円
基礎科学研究所（韓国）	Institute of Basic Science	Budget of Center of Theoretical Physics of the Universe	交付決定済	2017年1月1日～2021年12月31日	現地通貨 31,863千ウォン 日本円換算額 3,186千円
		Budget of Center of Underground Physics	申請中	2020年4月1日～2021年3月31日	現地通貨 1,500,000千ウォン 日本円換算額 150,000千円
エジンバラ大学（英国）	Science and Technology Facilities Council	STFC Research Grant (Particle Physics Experiment group)	交付決定済	2019年10月1日～2022年9月30日	現地通貨 2,346千ポンド 日本円換算額 309,486千円
		STFC Research Grant (ATLAS Upgrade)	交付決定済	2018年4月1日～2024年3月31日	現地通貨 805千ポンド 日本円換算額 104,650千円
		STFC Research Grant (LSST UK Phase B)	交付決定済	2019年4月1日～2022年4月1日	現地通貨 360千ポンド 日本円換算額 46,800千円
		Consolidated Grant	申請済	2020年3月1日～2023年3月1日	現地通貨 900千ポンド 日本円換算額 111,700千円
	UK Space Agency	Euclid Implementation Phase II Grant	交付決定済	2015年4月1日～2020年6月30日	現地通貨 5.400千ポンド 日本円換算額 702,000千円
	European Research Council	GLOBE	交付決定済	2015年11月1日～2020年10月30日	現地通貨 2.000千ユーロ 日本円換算額 240,000千円
Advanced Grant		交付決定済	2015年10月1日～2020年9月30日	現地通貨 1.800千ユーロ 日本円換算額 216,000千円	

注意)

- 1)の相手国側研究機関名の後の（ ）カッコ内には、相手国名を記入してください。
- 2)の相手国側申請先学術振興機関等名は、英語で記入してください。
- 4)の申請状況の各項目については、「申請予定・申請済・交付決定済」のいずれかを選択してください。
- 支給期間が令和2年4月以降にかかるファンドを記入してください。（令和2年3月以前に支給期間が終了するものは記載不可）
- 6)の支給（予定）総額には、5)の支給期間で受領する金額の総額を、相手国の通貨による金額及び日本円換算額で記入してください。
- 各国の6)の合計額は、電子申請システム入力部分の【相手国マッチングファンド額】と一致させてください。
- 上記欄で足りない場合には、このページに収まるようにフォントサイズの調整の上、適宜行を追加して記入してください。

一般国民に理解できるよう、平易な言葉で記入してください。

この様式は、独立行政法人日本学術振興会において定められたものです。様式の改変はできません。