

# 研究業績説明書

法人番号	89	法人名	高エネルギー加速器研究機構	学部・研究科等番号	1	学部・研究科等名	素粒子原子核研究所	専任教員数	113 [人]	提出できる研究業績数の上限	23	[件]
------	----	-----	---------------	-----------	---	----------	-----------	-------	---------	---------------	----	-----

## 1. 学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準【400字以内】

本研究科の目的は、高エネルギー加速器を用いて素粒子・原子核物理学の基礎的研究を行うことである。この実験のために建設、運転している加速器は、世界的にみて有数のものであり、生み出される研究成果もこの分野の有数のものであることが期待される。そうした観点から研究成果を分析し、著しく高い成果と思われるものを厳選した。また、本研究科は、機構が保有する加速器システムだけでなく、国内外の大規模実験施設における実験研究にも組織として参加し、その実験プロジェクトに積極的に貢献することも任務の一つとしている。この点においても世界有数の装置を用いたものに参加しており、高い質の成果が望まれ、実際にその期待に応えた成果が複数ある。これらについての論文もその学問的インパクトに応じて顕著なものを選定した。さらにこうした実験と相補的である理論的研究、測定器や隣接分野の研究についても顕著なものを選定した。

## 2. 選定した研究業績

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的・経済的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)	
1	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	ニュートリノの世代間混合の精密測定  CP対称性がレプトンにおいても破れているかどうかは、現在の宇宙に反粒子が存在しない理由を説明する手がかりであり、ニュートリノ振動パラメータの精密測定を通してこれを調べる。混合角θ23が最大混合とコンシステントであることを示し、CP位相角の取りうる範囲を限定するとともに、質量階層性が順階層である確率が87%であることを示すなど、顕著な成果を上げた。	SS		T2K実験においてはミューオンニュートリノ消失事象と電子ニュートリノ出現事象の統合解析を行っている。2017年の論文(1)では、混合角θ23が最大混合と無矛盾であること、90%の信頼度ながらニュートリノでのCP対称性が破れていることを世界で初めて示し、106件の引用を得て関連分野における被引用回数の上位0.37%にランクされるなど、高い注目を集めた。このデータをさらに高精度で解析した結果はCP対称性の破れを95%の信頼度で示した。その内容はプレスリリースで発表され、朝日新聞など20誌に掲載された。2018年には論文(2)でさらに統計を上げた測定を行い、信頼度95%(2σ)のCP対称性の破れに加えてニュートリノ質量階層性が順階層である確率が87%であることを示した。この論文は掲載誌の推薦論文に選ばれ、49件の引用を得て被引用回数の上位1.17%にランクされるなど高い注目を集めた。		○	(1)	T2K実験グループ K. Abe et. al.	Combined Analysis of Neutrino and Antineutrino Oscillations at T2K	Physical Review Letters	Volume 118, Issue 15	Article number 151801	2017	10.1103/PhysRevLett.118.151801
									(2)	T2K実験グループ K. Abe et. al.	Search for CP Violation in Neutrino and Antineutrino Oscillations by the T2K Experiment with 2.2 × 10 <sup>21</sup> Protons on Target	Physical Review Letters	Volume 121, Issue 17	Article number 171802	2018	10.1103/PhysRevLett.121.171802
									(3)							
2	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	ストレンジネスを含むハドロン多体系およびその相互作用の研究  ストレンジクォーク(ストレンジネス)を含むハイパー核やその存在が示唆されているK中間子原子核を調べることにより、ハイペロン核中間、K中間子核子の相互作用を調べる。K中間子と2つの陽子が束縛したK中間子原子核やストレンジネスを2つ持つ新種の二重Λハイパー核を発見した。また、フッ素のΛハイパー核のγ線分光によりその準位構造を解明した。	SS		これらの結果報告は国際会議等で口頭発表に選ばれている。論文(1)は存在が理論的に示唆されていたK中間子原子核を確認し、束縛エネルギーと幅を決定した研究である。その関心の高さから出版から1年弱で引用数が24と多く、関連分野における被引用回数の上位3.72%にランクされている。論文(2)は、J-PARCで本格的な研究が始まった二重Λハイパー核の研究において最初に見つかった事象の報告で、査読者に「この結果はコミュニティにとって重要な結果である」と評価された。論文(3)は、これまで軽いΛハイパー核研究で用いられたガンマ線分光法を重いΛハイパー核に適用した結果で、重いΛハイパー核の構造も、今までの研究で得られた相互作用と理論計算の枠組みで良く再現できることを示した。査読者に「今回の結果はストレンジネス核物理学の世界的最重要施設の一つであるJ-PARCのマイルストーンである。」と評価された。		○	(1)	J-PARC E15 Collaboration, S. Ajimura et al.	K <sup>pp</sup> , a K <sup>b<sup>ar</sup></sup> -meson nuclear bound state, observed in <sup>9</sup> He(K <sup>+</sup> , Λp)n reactions	Physics Letters B	Volume 789	pp. 620-625	2019	10.1016/j.physletb.2018.12.058
									(2)	H. Ekawa et al.	Observation of a Be double-Lambda hypernucleus in the J-PARC E07 experiment	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2019, Issue 2	Article number 021D02	2019	10.1093/ptep/pty149
									(3)	S. B. Yang et al.	First determination of level structure of an sd-shell hypernucleus, <sup>19</sup> ΛF	Physical Review Letters	Volume 120, Issue 13	Article number 132505	2018	10.1103/PhysRevLett.120.132505
3	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	Belle II測定器の完成とBelle II国際共同実験始動  Belle II実験は前世代Belle実験におけるKEKB加速器の40倍のルミノシティのSuperKEKB加速器による世界最高性能のフルペーパーファクトリー実験である。Belle実験の50倍のデータを蓄積・解析することにより、未知の新しい物理法則の解明を図る。世界で唯一のルミノシティフロントティア実験であり、世界26の国と地域から約千人の研究者が参加する国際共同実験である。	SS	SS	【学術的意義】 Belle II実験は、世界最高強度かつ唯一のルミノシティフロントティア実験であり、Belle実験の50倍のデータを用いた精密測定により、未知の粒子・反粒子の対称性の破れやペンギン崩壊などの極めて希な素粒子事象に現れる未知の新しい物理法則の解明を行う。2018年から2019年にかけて、完成したBelle II測定器によって電子・陽電子衝突事象を観測し、実験を開始したことを示す論文(1)は大きなマイルストーンである。Belle II実験でのみ可能な重要な多種多様な物理学の研究課題があり、論文(2)は計500名を超える実験と理論の研究者により、Belle II実験における素粒子標準理論の精密測定とそれを超える新しい物理法則の探索について、予測される測定感度や物理法則への帰結などについて詳細に記述した約700ページの文書であり、この分野の研究者にとって必須の教科書的存在となっている。  【社会、経済、文化的意義】 世界で唯一のルミノシティフロントティア実験であることから、2019年12月現在、26の国と地域から1,014人の共同研究者が参加する、日本の研究所がホストする素粒子実験としては、史上最大級の国際共同実験となっており、検出器や加速器の技術交流およびそれらに伴う研究者の国際交流が行われている。実験開始は社会的に注目を集め、Belle II測定器によるSuperKEKB電子・陽電子衝突事象の観測は、インターネットで生中継し46万ビューを集めた。また、30紙を超える新聞及び雑誌に取り上げられるなど、国際化および基礎科学啓蒙における文化的意義は大きい。		○	(1)	F. Abudinén, L. Adachi 他約400名 (Belle II実験グループ)	Measurement of the integrated luminosity of the Phase 2 data of the Belle II experiment	Chinese Physics C	Volume 44, Number 2	Article number 021001	2020	10.1088/1674-1137/44/2/021001
									(2)	E. Kou, S. Hashimoto 他約500名	The Belle II Physics Book	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2019, Issue 12	654	2019	10.1093/ptep/ptz106
									(3)							
4	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	素粒子の質量の起源の研究  重心系エネルギー13TeVでの陽子・陽子衝突によって生成されるヒッグス粒子の性質を精査し、物質の根源であるフェルミオンのうち、第3世代に属するクォークと荷電レプトンの質量と、弱い力の媒介粒子であるWおよびZ粒子の質量が、同じヒッグス場により動的に生成されていることを世界で初めて示した。素粒子の質量起源の統一的描像を実験的に検証したものである。	SS		論文(1)はヒッグス粒子とボトムクォーク、論文(2)はトップクォークの湯川結合の存在を直接検証した結果を纏めた論文である。ヒッグス場によって、力を媒介する素粒子の質量だけでなく、物質の根源である素粒子の質量も動的に生成されるという統一的描像を実験的に検証したことが高く評価され、被引用回数はそれぞれ59回、89回で(SCOPUS)、関連分野における被引用回数の上位0.32%、上位0.11%にランクされている。論文(3)はヒッグス粒子の性質測定を纏めたもので、素粒子標準模型を超える様々な物理模型に対する制限を課した。素粒子物理学の方向性を定める重要な結果であることから、被引用回数は472回(SCOPUS)に達し被引用回数の上位0.03%にランクされている。素粒子物理学会で最も権威ある国際会議の多くで招待講演として発表されている。国内外で、複数の新聞社によって、この成果が記事として配信された。			(1)	The ATLAS Collaboration	Observation of H→bb decays and VH production with the ATLAS detector	Physics Letter B	Volume 786	pp. 59-86	2018	10.1016/j.physletb.2018.09.013
									(2)	The ATLAS Collaboration	Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector	Physics Letter B	Volume 784	pp. 173-191	2018	10.1016/j.physletb.2018.07.035
									(3)	The ATLAS and CMS Collaborations	Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at sqrt(s) = 7 and 8 TeV	Journal of High Energy Physics	Volume 2016, Issue 8	Article number 45	2016	10.1007/JHEP08(2016)045

業績番号	小区番号	小区名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義、 経済的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等) 【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、 文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して 選定した 研究業績 番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物 【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社 ・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
5	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関する実 験	精密不安定原子核分光による重元素 生成環境の解明  金・白金等の重元素の起源を解明 するため、関与する短寿命重元素同 位体を実験室にて生成・捕集・分離 する元素選択型質量分離器(KISS)を 開発し、迅速且つ高能率に原子質量 の精密測定ができるMRTOF装置を実用 化した。これらの新しい精密核分光 手法を駆使し、短寿命原子核の崩壊 特性・質量の測定や、超重原子核に おける有限量子多体系の安定性の解 明等の核構造理解の深化を基に、重 元素の起源の解明を目指している。	SS		論文(1)では、多核子移行反応で生成された原子核をガス中で 捕集後レーザーと磁場で特定の原子番号と質量数を持つ原子 核を選択・測定が可能なKISS装置の特徴を詳述している。本 論文発表後、諸外国で追従して同種装置の計画が始まった。 論文(2)は、超重核領域の安定性を理解するため、世界に先駆 け実用化した精密質量分光器(MRTOF)を組込んだ質量測定装置 の性能についての詳細であり、論文(3)は、この装置による原 子番号100近傍の原子核質量初測定の報告である。これはKEK からプレスリリースされ、未知超重核同定の新手法として 2018年6月28日付け朝日新聞で大きく報道された。被引用回 数でも上位3.35%にランクされている。MRTOFによる原子核の 網羅的質量測定研究は、科学研究費助成事業の特別推進研究 課題として採択された。これらの研究について、この5年間 に5本以上の国際会議招待講演の招待講演を行っている。			(1)	Y. Hirayama 他15名(KISS実 験グループ)	On-line experimental results of an argon gas cell-based laser ion source (KEK Isotope Separation System)	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	Volume 376	pp. 52-56	2016	10.1016/j.nimb.2016.03.031
									(2)	P. Schury 他20名(MRTOF実 験グループ)	First online multireflecti on time-of- flight mass measurements of isobar chains produced by fusion- evaporation reactions: Toward identification of superheavy elements via mass spectroscopy	Physical Review C	Volume 95, Issue 1	Article number 011305	2017	10.1103/PhysRevC.95.011305
									(3)	Y. Ito, P. Schury 他24名 (MRTOF実 験グループ)	First Direct Mass Measurements of Nuclides around Z=100 with a Multireflecti on Time-of- Flight Mass Spectrograph	Physical Review Letters	Volume 120, Issue 15	Article number 152501	2018	10.1103/PhysRevLett.120.152501
6	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関する実 験	ミュオンg-2/EDMの精密測定を実現す るミュオン高周波加速の実証  J-PARC MLFはミュオン異常磁気能 率(g-2)・電気双極子能率(EDM) の精密測定を実現し、先行実験で示 唆された素粒子標準理論を超える物 理法則を解明する計画を進めている。 測定ではミュオンを熱エネルギー まで減速したのち加速する必要が あるが、ミュオンのRF加速は前例 がなかった。今回、世界で初めて負 ミュオンウムイオンを80keVまでRF加 速することに成功し、実験の鍵とな る技術が実証された。	SS		負ミュオンウムの加速結果の発表以降(論文(1))、10件以上 の国内外の国際会議での招待講演の依頼があった。論文はす でに12件の引用が行われている。また、世界中の研究機関に 配布されている素粒子原子核物理に関する情報誌CERN Courierで取り上げられたり、国内学会誌(物理学会誌、高エ ネルギーニュース、加速器学会誌、中間子学会誌)へ招待 記事を寄稿したりする(論文(2))などの反響があった。2017 年度KEKアニュアルレポートのハイライト記事掲載を行っ たり、2018秋のKEK公開講座でも一般向けに紹介を行ったりして ミュオン基礎物理の重要性を広く社会にアピールすることも 行った。この研究成果に基づきミュオンg-2/EDM測定実験の技 術設計書を出版した(論文(3))。論文(3)は出版後半年間で 20件の引用が行われており、関連分野における被引用回数 の上位5.86%にランクされている。			(1)	S. Bae, M. Otani, T. Mibe 他	First muon acceleration using a radio- frequency accelerator	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 21, Issue 5	Article number 050101	2018	10.1103/PhysRevAccelBeams.21.050101
									(2)	大谷将士、近 藤恭弘、三浦 勉	ミュオンg- 2/EDMの精密 測定を実現する ミュオン高周 波加速の実証	日本物理学会 誌	73巻8 号	pp. 564-568	2018	10.11316/butsuri.73.8.564
									(3)	M. Abe, ..., M. Otani, T. Mibe 他	A New Approach for Measuring the Muon Anomalous Magnetic Moment and Electric Dipole Moment	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2019, Issue 5	Article number 053C02	2019	10.1093/ptep/ptz030
7	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関する実 験	宇宙マイクロ波背景放射(CMB)のB モード偏光の測定  POLARBEAR実験グループが、CMBのB モード偏光を精密に測定し、2014年 の世界初測定時と比べ、重力レンズ 効果に起因するCMBの偏光パターンを 2倍の精度で決定できた。ニュート リノ質量和測定など、CMBを用いた将 来の素粒子物理への道を拓いた。観 測で培った技術とノウハウを元に、 新しい地上観測装置POLARBEAR-2と GroundBIRDを開発し、更に人工衛星 計画LiteBIRDを提唱した。	SS		本成果に関連する論文の引用数は300を超えて増加中である。 論文(1)は関連分野における被引用回数の上位6.71%に、論文 (3)は上位5.86%にランクされている。新たな観測結果の論文 も3本発表されている。すばる望遠鏡の光学的観測と、ミリ 波による本観測との相関を初めて示した論文は、多波長観測 の先駆的成果となっている。新たに完成させた地上観測装置 POLARBEAR-2とGroundBIRDは、新聞報道された(茨城新聞、河 北新報、赤旗、産経新聞、東京新聞、読売新聞、日本経済新 聞)。LiteBIRD計画は、2019年5月に、宇宙航空研究開発機 構(JAXA)によって、2020年代の戦略的中型衛星として採択 された。採択結果は宇宙政策委員会にも報告された。 LiteBIRD計画は日本学術会議マスタープラン2017重点大型研 究計画の一つに選出され、かつ、文部科学省ロードマップ 2017にも掲載された。			(1)	P. A. R. Ade, M. Hazumi 他計 81名 (POLARBEAR実 験グループ)	A Measurement of the Cosmic Microwave Background B- mode Polarization Power Spectrum at Subdegree Scales from Two Years of POLARBEAR Data	Astrophysical Journal	Volume 848, Issue 2	Article number 121	2017	10.3847/1538-4357/aa8e9f
									(2)	T. Namikawa, Y. Chinone, M. Hazumi 他計 73名	Evidence for the Cross- correlation between Cosmic Microwave Background Polarization Lensing from Polarbear and Cosmic Shear from Subaru Hyper Suprime-Cam	Astrophysical Journal	Volume 882, Issue 1	Article number 62	2019	10.3847/1538-4357/ab3424
									(3)	M. Hazumi 他計 152名	LiteBIRD: A Satellite for the Studies of B-Mode Polarization and Inflation from Cosmic Background Radiation Detection	Journal of Low Temperature Physics	Volume 194, Issue 5-6	pp. 443-452	2019	10.1007/s10909-019-02150-5
8	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関する実 験	中性K中間子の稀な崩壊を用いたCP対 称性の破れの研究  J-PARCハドロン実験施設のKOTO実 験で2013年と2015年に取得したデー タの解析結果をそれぞれ論文(1)論文 (2)として出版した。中性K中間子 (KL)がCP対称性を直接破って稀に 中性パイ中間子( $\pi 0$ )とニュートリ ノ対に崩壊する分岐比に対しこれまで で最も厳しい上限値を与え、世界 最高感度を十倍更新した。また、KL が $\pi 0$ と軽い新粒子X0Iに二体崩壊する 過程の探索を世界で初めて行った。	SS		KOTO実験は中性K中間子がCP対称性を直接破る稀な崩壊過程を 研究する世界で唯一の実験である。論文(2)はMR加速器からの ビームを用いて2015年までに収集したデータを分析して得た 結果で、世界で最も低い上限値を得た。論文(1)は関連分野に おける被引用回数の上位1.66%に、論文(2)は上位2.07%にラ ンクされている。世界中の研究機関に配布されている素粒子 原子核物理に関する情報誌CERN Courierの2019年5月6月号の NEWS DIGESTでも、注目すべき成果として紹介された。今回の 結果によりKOTO実験のデータ解析とバックグラウンド除去の 手法を確立し、2016年以降のデータ収集を順調に継続し探索 の感度を向上している。			(1)	T. K. Komatsuba 他計91名(J- PARC KOTO実 験グループ)	A new search for the $K_L \rightarrow \pi 0 \nu \nu$ and $K_L \rightarrow \pi 0 X 0$ decays	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2017, Issue 2	Article number 021C01	2017	10.1093/ptep/ptx001
									(2)	T. K. Komatsuba 他計69名(J- PARC KOTO実 験グループ)	Search for $K_L \rightarrow \pi 0 \nu \nu$ and $K_L \rightarrow \pi 0 X 0$ Decays at the J-PARC KOTO Experiment	Physical Review Letters	Volume 122, Issue 2	Article number 021802	2019	10.1103/PhysRevLett.122.021802
									(3)							

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義、経済的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】					
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等
9	80040	量子ビーム科学関連	SOIピクセル検出器の開発研究 本研究では、高エネルギー加速器実験等で発生する2次粒子やX線・赤外線等の時間・位置・エネルギーを高精度で測定する検出器を、Silicon-on-Insulator (SOI) 技術を用いて開発している。先端半導体技術を用いる事で、従来の検出器を凌駕する性能と放射線耐性を実現している。研究開発には、宇宙、物質構造解析、産業利用等多くの分野の研究者が参加し協力して行っている。	SS		KEKのBelle II実験やILC実験の崩壊点検出器として開発を進めているほか、SPring-8の6つのX線ビームラインにおいては、SOI検出器SOPHIASが標準検出器としてすでに稼働している。また、次期X線衛星FORCE向けにSOIを用いたXRPIX検出器が候補として採用されている。その他、電子顕微鏡、中性子検出、X線金属疲労測定等への応用に向けた開発も進んでいる。これらの研究により、2018年2月に公益財団法人高エネルギー加速器科学研究所より、KEKの新井康夫、倉知郁生が諏訪賞を受賞した。また同時に共同研究者の理研・初井宇記氏も小柴賞を受賞した。さらに半導体デバイスの世界的な会議 2017 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) や2019 Electrochemical Society (ECS) 等多くの国際会議で招待講演を行っている。			(1) 新井康夫、倉知郁生 第7回諏訪賞「SOI技術を使った革新的ピクセルセンサーの実現」 (公)高エネルギー加速器科学研究所				2018	
									(2) Y. Arai, T. Mivoshi, and I. Kurachi SOI monolithic pixel technology for radiation image sensor Technical Digest - International Electron Devices Meeting		pp. 16.2.1-16.2.4	2018	10.1109/IEDM.2017.8268401	
									(3) I. Kurachi, T. Tsuboyama, Y. Arai, and M. Motoyoshi Application of Three Dimensional Chip Stacking Technology for Fully Depleted Silicon-on-Insulator Quantum Beam Imager ECS Transactions	Volume 92, Issue 5	pp. 29-38	2019	10.1149/09205.0029ecst	
10	15010	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する理論	ミューオン異常磁気能率における素粒子標準理論の精密決定と新物理探索 本研究ではミューオン異常磁気能率に対する標準理論の予測値を高精度で決定するとともに、それを実験値と比較することで新物理の研究を行った。特に、最新の実験データを反映するとともに、理論計算の手法を改良することで標準理論値と実験値の不一致の度合いが強まり、新物理が存在する可能性がさらに高まった。	SS		(1)の論文は本研究の中核をなし、(2)の論文は(1)の結果を受けて新物理の研究を行っている。(1)は国際学術誌Physical Review Dに出版されており、編集部によって「Editors' Suggestion」に選出された。被引用回数に関して、(1)の論文はすでに175回 (INSPIRES使用) 引用されている。これは、関連分野における被引用数の上位0.10%に相当する。また本業績については2019年3月に日本物理学会第74回年次大会において素粒子論領域・素粒子実験領域・実験核物理領域の合同企画講演として招待講演を行った。ほかにも2019年2月にロシア・ノボシビルスクで行われた会議Phipsi19において招待講演を行うなど、(1)、(2)を合わせて国内外の会議、研究会などで計11回の招待講演を行っている。			(1) A. Keshavarzi, D. Nomura, T. Teubner Muon g-2 and $\alpha(MZ^2)$ : a new data-based analysis Physical Review D	Volume 97, Issue 11	Article number 114025	2018	10.1103/PhysRevD.97.114025	
									(2) M. Endo, W. Yin Explaining electron and muon g-2 anomaly in SUSY without lepton-flavor mixings Journal of High Energy Physics	Volume 2019, Issue 8	Article number 122	2019	10.1007/JHEP08(2019)122	
									(3)					
11	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	暗黒物質など未知の新粒子探索 世界最高エネルギーである13TeVでの陽子・陽子衝突により、暗黒物質になりうる素粒子や超対称性粒子などの未知の重い新粒子を探索し、様々な物理仮説に対して制限を与えた。本研究で対象とする重い粒子を生成できるのは、欧州原子核研究機関 (CERN) のLHC加速器であり、そのユニークな能力を最大限生かした研究である。この結果により、将来の高エネルギー物理学が対象とする研究の方向性を定めることとなった。	SS		論文(1)は、これまでに観測されている素粒子の中で最も重いトップクォークの4倍強の質量を持つ新粒子の兆候に関する追試結果を続けた論文で、被引用回数が75回 (SCOPUS) あり、関連分野における被引用数の上位0.93%にランクされていることから注目の高さがわかる。発見には至らなかったが、LHC加速器の持つポテンシャルを示したもので、世界中で数多くの新聞報道がなされた。論文(2)と(3)は、それぞれ、LHC実験での暗黒物質生成探索と、標準模型を超える新現象探索の最新結果を続けた論文で、被引用回数は100回と116回あり (SCOPUS)、関連分野における被引用数の上位0.05%、0.26%にランクされ、本研究の重要性を示している。素粒子物理学で最も権威ある国際会議の全てで、招待講演として、それぞれの論文のテーマが発表されている。			(1) The ATLAS Collaboration Search for resonances in diphoton events at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector Journal of High Energy Physics	Volume 2016, Issue 9	Article number 1	2016	10.1007/JHEP09(2016)001	
									(2) The ATLAS Collaboration Search for dark matter and other new phenomena in events with an energetic jet and large missing transverse momentum using the ATLAS detector Journal of High Energy Physics	Volume 2018, Issue 1	Article number 126	2018	10.1007/JHEP01(2018)126	
									(3) The ATLAS Collaboration Search for new phenomena in dijet events using 37fb <sup>-1</sup> of pp collision data collected at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector Physical Review D	Volume 96, Issue 5	Article number 052004	2017	10.1103/PhysRevD.96.052004	
12	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	B中間子におけるレプトン普遍性の破れの兆候 素粒子標準模型ではゲージボソンとレプトンの結合はレプトンの種類によらず厳密に普遍であり、実験的にも裏付けられていた。しかしながら、近年、Belle実験、Babar実験、LHCb実験がB中間子のDまたはD*中間子、レプトン(l)、ニュートリノ( $\nu$ )への三体崩壊とKまたはK*中間子とレプトン対(l+l-)への三体崩壊の二種類の崩壊過程においてレプトン普遍性の破れの兆候を報告した。	SS		報告されたのは兆候にとどまるものの、仮にレプトン普遍性が破れていたとしたら、標準模型を超える物理であり、世紀の大発見となる。Belle実験はB $\rightarrow$ D(*) $\nu$ 崩壊で世界で最も良い精度でレプトン普遍性の破れを検証し、またB $\rightarrow$ D(*) $\nu$ 崩壊とB $\rightarrow$ K(*) $l+l$ 崩壊で世界で初めて角分布におけるレプトン普遍性の破れを検証した。これらの論文は非常に注目され世界的に引用され (Scopusで(1)139回、(2)208回、(3)177回)、関連分野における被引用数の上位0.46%、0.20%、0.38%にランクされて、様々な新物理模型が提案された。特にノーベル物理学賞を受賞したジェラルド・グラショウ博士は、B中間子ではレプトンフレーバーも破れているのでは無いかと、さらなる新物理の兆候を論文で展開しており、今後の素粒子実験においても極めて重要な研究テーマである。			(1) S. Wehle, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Lepton-Flavor-Dependent Angular Analysis of $B \rightarrow K^* l \nu$ Physical Review Letters	Volume 118, Issue 11	Article number 111801	2017	10.1103/PhysRevLett.118.111801	
									(2) S. Hirose, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Measurement of the $\tau$ Lepton Polarization and R(D*) in the Decay $B \rightarrow D^* \tau \nu$ Physical Review Letters	Volume 118, Issue 21	Article number 211801	2017	10.1103/PhysRevLett.118.211801	
									(3) Y. Sato, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Measurement of the branching ratio of $B_0 \rightarrow D^* \tau \nu$ relative to $B_0 \rightarrow D^* l \nu$ decays with a semileptonic tagging method Physical Review D	Volume 94, Issue 7	Article number 072007	2016	10.1103/PhysRevD.94.072007	
13	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	エキゾチック粒子の研究と多種のハドロン発見 Belle実験では、エキゾチック粒子X(3872)の発見以降、多くの新粒子の探索やエキゾチック粒子の詳細研究を続けており、X(3872)の性質を明らかにする新測定を行った。また、さらに他のエキゾチック粒子や新しいチャームバリオンを多数発見するなど、ハドロン物理の分野でも大きな成果を挙げた。	SS		Belle実験が2003年にエキゾチック粒子X(3872)を発見して以来、一連のエキゾチック粒子の詳細研究や探索を行ってきた。論文(1)の $\chi_{c0}(2P)$ の発見により、X(3872)が通常の中間子 $\chi_{c0}(2P)$ だとする説は否定された。他にも、ボトムクォークを含む新しいエキゾチック粒子(論文(2))や、 $\Omega_c$ バリオンの仲間を多数発見した(論文(3))。後者については、Belle実験の他の新測定などと合わせて、あまり知られていなかったチャームバリオンの世界を明らかにしてきた。この論文はすでに30回引用されている (Scopus)。論文(2)と論文(3)は関連分野における被引用数の上位6.15%、5.63%にランクされた。2017年にX(3872)の発見を主導したSookyung Choi博士が韓国のHo-Am科学賞を受賞するなど、Belle実験がこの分野を牽引している。			(1) K. Chilikin, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Observation of an alternative $\chi_{c0}(2P)$ candidate in $e^+e^- \rightarrow J/\psi D^0$ Physical Review D	Volume 95, Issue 11	Article number 112003	2017	10.1103/PhysRevD.95.112003	
									(2) A. Garmash, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Observation of $Z_b(10610)$ and $Z_b(10650)$ Decaying to B Mesons Physical Review Letters	Volume 116, Issue 21	Article number 212001	2016	10.1103/PhysRevLett.116.212001	
									(3) J. Yelton, M. Nakao, 他約200名 (Belle実験グループ) Observation of excited $\Omega_c$ charmed baryons in $e^+e^-$ collisions Physical Review D	Volume 97, Issue 5	Article number 051102	2018	10.1103/PhysRevD.97.051102	

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会、経済、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】						
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)
14	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	センサー用高集積化高機能化に関する開発研究  素粒子原子核実験では、粒子ビームの衝突により生成された放射線を計測する装置が必須であり、そこで使われている電子機器の多くは正確な動作の基準となる電気信号を作り出すための水晶発振器が組み込まれている。本研究では、従来比2倍以上の速さで起動する水晶発振回路を線幅65nmのCMOSプロセスを用いて開発した。	SS	SS	【学術的意義】 発信器の起動を画的に速くすることによって、回路の電源をこまめにOn/Offできるようにすると消費エネルギーを1/9に削減可能なので、この技術が、現在計画中の加速器プロジェクト等の計測機器の間動作技術として採用されれば、装置の低消費電力化が劇的に進む。この研究により、2017年IEEE A-SSCC Distinguished Design Awardを受賞した。Web掲載として、EE times, Optronics Online, つくばサイエンスニュースで取り上げられた。また、電子情報通信学会総合大会CI-5やSSCS Kansai VLSIシンポジウム国内報告会にて招待講演を行っている。  【社会、経済、文化的意義】 この技術は、加速器プロジェクトに留まらず、Society5.0の鍵を握るIoT機器への応用が大きく期待できる。こまめな電源ON/OFF動作を可能にすることで、IoT機器の大幅な電力削減効果が期待できることから、爆発的普及のきっかけとなる可能性がある。「水晶発振回路の高速起動化で消費電力を大幅低減」というタイトルで新聞記事になった。この記事がきっかけとなり、東北大学発ベンチャー企業(株) Piezo Studioと産学連携共同開発が進んでいる。			(1) Masaya Miyahara, Yukiya Endo, Kenichi Okada, and Akira Matsuzawa	A 64 μs Start-Up 26/40MHz Crystal Oscillator with Negative Resistance Boosting Technique Using Reconfigurable Multi-Stage Amplifier	IEEE Symposium on VLSI Circuits, Digest of Technical Papers	Volume 2018-June	Article number 8502281 pp. 115-116	2018	10.1109/VLSIC.2018.8502281
									(2) Abdel Martinez Alonso, Masaya Miyahara, and Akira Matsuzawa	A high-speed DDFS MMIC with frequency, phase and amplitude modulations in 65nm CMOS	2017 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference, A-SSCC 2017 - Proceedings	Volume 2017-January	pp. 181-184	2017	10.1109/ASSCC.2017.8240246
									(3) Abdel Martinez Alonso	IEEE A-SSCC 2017 Distinguished Design Award	IEEE Asian Solid-State Circuits Conference			2017	
15	15010	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する理論	量子色力学(QCD)の高温高密度相におけるハドロン原子核物理研究  高温・高密度状態のハドロン物質の性質解明は、中性子星や重イオン衝突、宇宙初期など様々な状況において重要な問題であるが、数値計算が困難なことで知られる。本研究では、1)格子QCD計算による高温相での軸性U(1)対称性の回復の実証、2)高密度相での計算に必要な複素ランジュバン法の適用可能性条件の明確化、3)格子QCD計算とハドロン共鳴ガスモデルに基づく有限密度ハドロン物質の状態方程式の構築を行った。	SS	SS	(1)については、2017年の格子場の理論国際会議において、この問題を集中的に討議するプレナリーセッション「Discussion session on axions and the chiral anomaly at finite temperature」が設けられ、本研究グループの研究者が登壇者として招かれた。被引用件数は発表から2年あまりで50(inSPIRE)による)を超えた。(2)については、これまでに4つの国際会議、2つの国内研究会で招待講演が行われた。また、2016年9月に開かれた日本物理学会秋季大会で招待講演を行った。また引用はすでに50件を超えている。(3)の研究は、2020年日本物理学会理論核物理領域：若手奨励賞(第21回核理論新人論文賞)を受賞した。		○	(1) A. Tomiya, G. Cossu, S. Aoki, H. Fukaya, S. Hashimoto, T. Kaneko, J. Noaki	Evidence of effective axial U(1) symmetry restoration at high temperature	Physical Review D	Volume 96, Issue 3	Article number 034509	2017	10.1103/PhysRevD.96.034509
									(2) Keitaro Nagata, Jun Nishimura, Shinji Shimasaki	Argument for justification of the complex Langevin method and the condition for correct convergence	Physical Review D	Volume 94, Issue 11	Article number 114515	2016	10.1103/PhysRevD.94.114515
									(3) Akihiko Monnai, Björn Schenke, Chun Shen	Equation of state at finite densities for QCD matter in nuclear collisions	Physical Review C	Volume 100, Issue 2	Article number 024907	2019	10.1103/PhysRevC.100.024907
16	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	国際リニアコライダー(ILC)による物理の研究  本研究は、国際協力による国内建設を目指している最高エネルギーの電子・陽電子リニアコライダーILCがヒッグス粒子の精密測定による電弱相転移の起源の解明や暗黒物質の発見を通じて切り拓く素粒子物理学の未来像を提示し、計画実現に供するものである。	SS	SS	【学術的意義】 ILC計画は世界の素粒子物理学者が国際協力により実現を目指している250GeVヒッグスファクトリーである。国際協力により日本に建設すると日本の高エネルギー物理学会議による提案が国際将来加速器委員会により承認されており、文部科学省有識者会議、学術会議委員会の検討を踏まえた文部科学省の見解表明では「現時点では誘致の表明に至らないが、関心を持って国際的な意見交換を継続する」とされている。論文(1)はILCの物理に関する総合報告で、これらの検討への中心的な入力文書であり、国際的に高い評価を得て既に100回以上引用されている。また、論文(2)(3)はその中でもヒッグス結合定数の測定に関して有効場理論に基づく新しい解析方法を提案したもので国際的にも高く評価されており、既に(2)は57回、(3)は37回引用されている。論文(2)は関連分野における被引用回数の上位3.80%にランクされている。  【社会、経済、文化的意義】 ILCはアジア初の大型国際研究機関、世界に誇る知の拠点となり、若者に夢と希望を与え、多分野における人材育成の拠点となることで、我が国、アジア、世界の加速器科学の振興、持続的発展の力となる等、社会的意義も大きい。また、真理の探究という国家や宗教を超えたテーマに取り組む国際研究所そのものが世界平和に貢献する。さらに、超伝導加速、高速制御、ビッグデータ解析、センサー等でのイノベーション発生の可能性が高く、CERNで開発されたWWWのように世界を一変する極めて大きな産業・経済的な価値を生じ得る。先端加速器科学技術推進協議会や自治体等と連携し開催したセミナー等には、のべ15万人が参加しており、2018年以降、新聞掲載150回以上、ウェブ掲載280回以上、TV報道10回以上、雑誌・書籍掲載20回以上のメディア露出があり、社会的インパクトの大きさを示している。		○	(1) K. Fujii, et al.	Physics Case for the 250 GeV Stage of the International Linear Collider	arXiv		1710.07621	2017	
									(2) T. Barklow, K. Fujii, S. Jung, R. Karl, J. List, T. Ogawa, M. Peskin, J. Tian	Improved Formalism for Precision Higgs Coupling Fits	Physical Review D	Volume 97, Issue 5	Article number 053003	2018	10.1103/PhysRevD.97.053003
									(3) T. Barklow, K. Fujii, S. Jung, M. Peskin, J. Tian	Model-Independent Determination of the Triple Higgs Coupling at e+e- Colliders	Physical Review D	Volume 97, Issue 5	Article number 053004	2018	10.1103/PhysRevD.97.053004
17	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	大強度高エネルギービームのハンドリングについての研究  大強度ビームの取り扱いに必要不可欠な技術要素である「大電流間接水冷超耐放射線電磁石」を自主開発し、その周辺要素とともに「大強度ビームハンドリングシステム」を構築した。さらに、51kWのビーム強度において使用可能な2次粒子生成標的システムを完成し、共同利用実験に安定にビームを供給することに成功した。世界最大級の大強度ビームを用いた施設運転並びに物理実験の実施を成功裏に実現した。	SS	SS	大強度ビームを利用する実験施設のビームラインに用いられる電磁石などの要素機器は、超耐放射線性および万が一の故障時のための交換容易性を兼ね備えねばならない。J-PARCハドロン実験施設のためにその技術開発を行ってきた。また2次粒子の生成標的は、加速器施設において実験を遂行するために必須である。生成標的に金を使用し、冷却と監視を行いながら陽子ビームを照射して、2次粒子を安定に実験に供するシステムを完成した。電磁石に関する世界最高水準の国際会議であるIEEE主催の第24回磁石技術国際会議において口頭発表に選ばれている。生成標的については、放射線に係わる国際的な研究の総括を目的とした第13回放射線遮蔽国際会議で報告を行った。ビームを標的に連続的に照射して利用する施設としては世界最高クラスの50kV超という厳しい環境下で安定して利用運転を続けているシステムは、世界で他に類を見ない。		○	(1) K. H. Tanaka他18名	Radiation-Resistant Magnets for J-PARC	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 26, Issue 4	Article number 7378496	2016	10.1109/TASC.2016.2516648
									(2) H. Takahashi他20名	Development of Large-Current Indirectly Cooled Radiation-Resistant Magnets	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 26, Issue 4	Article number 7378289	2016	10.1109/TASC.2016.2516591
									(3) Muto R. 他21名	Monitoring System for the Gold Target by Radiation Detectors in Hadron Experimental Facility at J-PARC	EPJ Web of Conferences	Volume 153	Article number 07004	2017	10.1051/epjconf/201715307004
18	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	高レート高放射線環境下で使用するATLAS検出器の研究  ATLAS検出器は、毎秒20億回の頻度で発生する陽子陽子衝突事象を漏らさず観測し、その最内層は10の16乗個以上の中性子に相当する放射線被曝に曝される。本研究は、ATLAS検出器の高度化に向けた新型シリコンセンサー開発とATLAS検出器の実験中の振る舞いに関する研究である。	SS	SS	論文(1)はATLAS検出器の高度化に向けたシリコンピクセルセンサー開発に関する成果をまとめたものであり、本研究によりパルクにp型、読み出しにn型を使うシリコンセンサーが世界で初めて実用化された。論文(2)と(3)はともにATLAS検出器の実験中の挙動を調べた研究成果で、被引用数はそれぞれ182、230であり(SCOPUS) 関連分野における被引用回数の上位0.06%、0.12%にランクされている。本研究はATLAS実験グループの物理成果に対する基礎研究であり、物理成果に対する学術的意義と同等の価値を持つ。一方で、10の16乗個以上の中性子に相当する放射線を被曝しながら、毎秒20億回に達する陽子陽子衝突を逃さず観測する測定器は世界でも類を見ず、測定器技術の観点からも学術的意義が高い。そのため素粒子物理学で最も権威ある国際会議の幾つかの招待講演として本研究の成果が発表されている。		○	(1) Y. Unno et al.	Development of n+ in p planar pixel sensors for extremely high radiation environments, designed to retain high efficiency after irradiation	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	Volume 831	pp. 122-132	2016	10.1016/j.nima.2016.04.039
									(2) The ATLAS Collaboration	Performance of the ATLAS Trigger System in 2015	European Physical Journal C	Volume 77, Issue 5	Article number 317	2017	10.1140/epjc/s10052-017-4852-3
									(3) The ATLAS Collaboration	Muon reconstruction performance of the ATLAS detector in proton-proton collision data at sqrt(s) = 13 TeV	European Physical Journal C	Volume 76, Issue 5	Article number 292	2016	10.1140/epjc/s10052-016-4120-y

業績番号	小区番号	小区名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義、 経済、	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等) 【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、 文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して 選定した 研究業績 番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物 【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社 ・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)	
19	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関連する実験	小林益川行列のさらなる精密測定  小林益川行列の行列要素間の関係をあらわすユニタリ三角形の精密測定は標準模型の検証と新物理の探索に重要な測定である。中性B中間子の2つのρ中間子への二体崩壊、D0中間子とK*中間子への二体崩壊、D中間子とレプトン(ℓ)とニュートリノ(ν)への三体崩壊の新測定により、ユニタリ三角形の測定精度を向上した。	SS		Belle実験では、B中間子でのCP対称性の破れの発見により、小林益川理論の正しさを証明したが、さらに標準理論の根本的要素である小林益川行列の行列要素間の関係をあらわすユニタリ三角形の精密測定により、新物理の探索が可能である。Belle 実験における新しい崩壊過程や解析手法を用いた測定により、ユニタリ三角形の測定精度がさらに向上した。論文(1)は関連分野における被引用回数の上位4.72%にランクされた。ユニタリ三角形の精密測定には世界中の実験が貢献しているところであるが、2017年にはBelle実験の代表だった高崎史彦博士が日本学士院賞を受賞したことからわかるように、Belle実験の貢献は顕著である。	○		(1)	R. Glattauer, M. Nakao 他約200名 (Belle実験グループ)	Measurement of the decay $B \rightarrow D1 \nu_1$ in fully reconstructed events and determination of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix element $ V_{cb} $	Physical Review D	Volume 93, Issue 3	Article number 032006	2016	10.1103/PhysRevD.93.032006
									(2)	P. Vanhoefer, M. Nakao 他約200名 (Belle実験グループ)	Study of $B^0 \rightarrow \rho^+ \rho^-$ decays and implications for the CKM angle $\phi_2$	Physical Review D	Volume 93, Issue 3	Article number 032010	2016	10.1103/PhysRevD.93.032010
									(3)	K. Negishi, M. Nakao 他約200名 (Belle実験グループ)	First model-independent Dalitz analysis of $B^0 \rightarrow DK^{*0}, D \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$ decay	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2016, Issue 4	Article number 043C01	2016	10.1093/ptep/ptw030
20	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関連する実験	ニュートリノ-原子核反応断面積の精密研究  ニュートリノと原子核の相互作用は、ニュートリノビームを作る難しさからこれまで系統的に高精度で調べることができなかった。J-PARCで作られる大強度のニュートリノビームを用い、軽い原子核について系統的に、微分断面積などの測定を行っている。	SS		T2K実験において、前置ニュートリノ測定器を用いて炭素、酸素などの軽い原子核とニュートリノの散乱断面積、微分断面積を反応モード毎に系統的に測定した。これにより核内多核子相関についての新しい知見が得られつつあり、イベントジェネレータの高精度化に寄与している。またこの知見により、1 GeVあたりのニュートリノのエネルギーを精度よく測定することが可能になる。その手法を取り入れることでニュートリノ振動測定の系統誤差の主たる要因(たとえば電子ニュートリノの解析で全系統誤差8.8%に対し7.1%の寄与)が改善し、ニュートリノにおけるCPの破れの探索能力の向上に大きく寄与すると期待される。論文(1)~(3)を合わせた被引用数は80 (Scopus)あり、被引用回数の上位8~15%にランクされている。また、2018年のニュートリノ国際会議での全体講演はじめとして多数の国際会議での関連講演を行っている。	○		(1)	T2K実験グループ	Measurement of double-differential muon neutrino charged-current interactions on C8 H8 without pions in the final state using the T2K off-axis beam	Physical Review D	Volume 93, Issue 11	Article number 112012	2016	10.1103/PhysRevD.93.112012
									(2)	T2K実験グループ	First measurement of the muon neutrino charged current single pion production cross section on water with the T2K near detector	Physical Review D	Volume 95, Issue 1	Article number 012010	2017	10.1103/PhysRevD.95.012010
									(3)	T2K実験グループ	Measurement of Coherent $\pi^+$ Production in Low Energy Neutrino-Carbon Scattering	Physical Review Letters	Volume 117, Issue 19	Article number 192501	2016	10.1103/PhysRevLett.117.192501
21	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関連する実験	Lepton number保存則破れの研究  スイスポールシェラー研究所(PSI)にて行ったMEG実験によるμ→eγ実験の上限値を上回る感度での探索を行うことで新物理の可能性を探るためのMEGII実験を開始した。J-PARC研究施設で推進されているμ→eγ転換事象探索を世界最高感度で実現しようとするCOMET実験においては、専用のビームライン建設、検出器製作を進めながら実験に要求される高純度の陽子ビーム開発に成功した。	SS		μ→eγ崩壊、μ→eγ転換は素粒子の標準模型では完全に禁止されているが多くの新しいモデルがその存在が予言しており新物理に対する感度が高い。以前のμ→eγ探索実験MEGの結果は既に400件近くの文献引用数、感度向上したMEGII実験の設計計画書(1)は33件の引用と2,500件以上の論文ダウンロード数で世界的な注目度が高い。関連分野における被引用回数の上位0.46%にランクされている。μ→eγ転換事象を探索するCOMET実験では技術計画書を完成させ(2)実験感度を決定づける陽子ビームエクステンションファクターの実測方法を開発した(論文(3))。これにより陽子ビームが世界最高水準の純度を有し実験の要請を満たしていることを確認し、反応確率感度10の-16乗以下を実現できる確証が高めた。論文(2)、(3)は合わせて13件の引用が行われており関連した国際会議での発表は20件以上行われている。	○		(1)	A. M. Baldini, S. Mihara, H. Nishiguchi 他約70名 (MEG II実験グループ)	The design of the MEG II experiment	European Physical Journal C	Volume 78, Issue 5	Article number 380	2018	10.1140/epjc/s10052-018-5845-6
									(2)	Y. Fukao, Y. Igarashi, S. Mihara, M. Moritsu, R. Murayama, H. Nishiguchi, K. Ueno 他 COMET Collaboration (約200名)	COMET Phase-I Technical Design Report	Prog. Theor. Exp. Phys	in press	2018	10.1093/ptep/ptz125	
									(3)	H. Nishiguchi, Y. Fukao, Y. Hashimoto, Y. Igarashi, S. Mihara, M. Moritsu, R. Muto, M. Tomizawa, K. Ueno, Y. Fujii, P. Sarin, F. Tamura	Extinction Measurement of J-PARC MR with 8GeV Proton Beam for the New Muon-to-Electron Conversion Search Experiment - COMET	JACoW Publishing, IPAC2019	4372-4375	2019	10.18429/JACoW-IPAC2019-FRXXPLS2	
22	15010	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関連する理論	日仏2国間事業による理論研究プロジェクト  日仏2国間事業として、理論と宇宙現象との整合性から素粒子物理の新理論を検証するプロジェクトを仏のアネシー理論物理学研究所と共に進め、次の顕著な成果が得られた。1) 初期宇宙において従来のシナリオが大幅に変更され、QCD相転移が電弱相転移を引き起こす可能性の指摘、2) 宇宙マイクロ波背景放射の偏光観測により原始ブラックホールのダークマター説を棄却、両者とも、将来の重力波実験での検証可能性を提案。	SS		プロジェクト1の成果は、新たなHiggs模型に基づくことで、初期宇宙シナリオの大幅変更の可能性を指摘したことである。この研究はPhysical Review Letters誌に掲載され、この研究により嶋田健悟氏がTYL Young Investigator Award 2018を受賞した。この論文はすでに35件の引用(inSPIREによる)がある。関連分野における被引用回数の上位9.76%にランクされている。プロジェクト2は、宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の偏光観測により、太陽質量の1倍から100倍までの原始ブラックホール(PBH)のダークマター説を棄却したことである。この論文は発表後約2年の間にすでに約100回引用(inSPIRE)されるなど、大きく注目されている。関連分野における被引用回数の上位0.87%にランクされている。	○		(1)	Satoshi Iso, Pasquale D. Serpico, Kengo Shimada	QCD-Electroweak First-Order Phase Transition in a Supercooled Universe	Physical Review Letters	Volume 119, Issue 14	Article number 141301	2017	10.1103/PhysRevLett.119.141301
									(2)	V. Poulin, P. D. Serpico, F. Calore, S. Clesse and K. Kohri	CMB bounds on disk-accreting massive primordial black holes	Physical Review D	Volume 96, Issue 8	Article number 083524	2017	10.1103/PhysRevD.96.083524
									(3)							
23	15020	素粒子、 原子核、 宇宙線および宇宙 物理に関連する実験	素粒子データブック  過去数十年にわたって蓄積された素粒子実験のデータを、研究者らが使いやすいようにまとめたレビューとデータベースを定期的に更新した。個別のクォーク、レプトン、ハドロン等について、その質量や寿命、崩壊、反応などについて、過去の多くの実験データにもとづく平均値が与えられている。世界中の数万名の研究者による共同作業の結果であり、素粒子分野の研究者の標準的な参照資料になっている。	SS		素粒子実験であらわれる粒子は、それぞれ固有の質量、寿命などの性質をもち、その測定結果は人類共通の科学的知見である。それらを研究者らが簡便に共有できるように、実験間の平均値をまとめる作業が継続的に行われている。その結果はレビューという形で2年に1度出版され、ウェブ版は1年に1度更新される。素粒子分野の標準的な情報リソースとして参照されており、各号は数千回引用されている。2016年版は関連分野における被引用回数の上位0.01%に、2018年版も0.31%にランクされている。素粒子に携わる全ての研究者および学生の標準的な教科書としても使われており、教育的価値も高い。KEKは、この取り組みに参加し、レビューへの参加、必要経費の分担、国内への配布、ウェブ・ミラー版の運用を担当している。	○		(1)	Particle Data Group (M. Tanabashi (Nagoya U. & KMI, Nagoya) et al.)	Review of Particle Physics	Physical Review D	Volume 98, Issue 3	Article number 030001	2018	10.1103/PhysRevD.98.030001
									(2)	Particle Data Group (C. Patrignani (Bologna U. & INFN, Bologna) et al.)	Review of Particle Physics	Chinese Physics C	Volume 40, Issue 10	Article number 100001	2016	10.1088/1674-1137/40/10/100001
									(3)							

# 研究業績説明書

法人番号	89	法人名	高エネルギー加速器研究機構	学部・研究科等番号	2	学部・研究科等名	物質構造科学研究所	専任教員数	49 [人]	提出できる研究業績数の上限	10 [件]
------	----	-----	---------------	-----------	---	----------	-----------	-------	--------	---------------	--------

## 1. 学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準【400字以内】

加速器は、物質科学及び生命科学に広く利用されている。本研究所では、大型加速器から得られる、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の複合的な量子ビームをプローブとする物質科学及び生命科学の実験研究を中心とするミッションとしている。こうしたミッションを念頭に、大型量子ビーム施設の能力を最大限活かした装置を利用した研究成果を中心に選定した。特に、大学共同利用機関の役割として、これらの特徴ある装置群を国内外の学界を中心に広く解放した共同利用を長期にわたって推進している。このような特性を持つ研究所が創出している研究業績を正しく評価するには、研究所内の研究者による研究や共同研究のみならず、国内外の優れた研究者・研究グループによる、特定の研究分野に能力を発揮できる装置を活用した成果を含めることが欠かせないため、その観点から共著ではない注目研究も積極的に抽出した。

## 2. 選定した研究業績

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】						
								著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI (付与されている場合)
1	36020	エネルギー関連化学	<p>材料科学：リチウムイオン、ナトリウムイオン電池の研究</p> <p>リチウムイオン電池は劣化、発火性、低い充電効率などの課題があり、その課題を克服する次世代蓄電池の開発研究が進んでいる。ここでは物質構造科学研究所におけるPF放射光X線吸収分光及びJ-PARC蓄電池研究専用中性子プローブ等を利活用して、産学連携による全固体電池を含むリチウムイオン電池およびナトリウムイオン電池に関する共同利用の成果をまとめた。</p>	SS	S	<p>【学術的意義】</p> <p>(1)は、次世代イオン電池として注目されている全固体リチウムイオン電池に関する東京工業大学の菅野了次教授、トヨタ自動車の加藤祐樹博士、物質構造科学研究所の米村雅雄特別准教授らの産学連携によるもので、J-PARCの中性子施設を共同利用した研究成果である。この論文の被引用回数は434回(2019年7月時点)であり、材料科学分野の論文で被引用回数の上位0.01%という高順位にランクされており、極めて注目度が高い。</p> <p>(2)と(3)は、東京理科大学の駒場慎一教授の研究グループによる共同利用の成果であり、J-PARCの中性子回折、PFのX線吸収分光を活用している。(2)は、ナトリウムイオン電池の動作原理に関する研究である。この論文の被引用回数は55回(2020年3月時点)であり、材料科学分野の論文で被引用回数の上位3.56%にランクされている。(3)はリチウムイオン電池電極における酸素イオンを用いた酸化還元反応メカニズムに関する研究である。この論文の被引用回数は103回(2020年3月時点)であり、材料科学分野の論文で被引用回数の上位1.36%にランクされている。</p> <p>【社会、経済、文化的意義】</p> <p>全固体電池の論文(1)は、東京工業大学、トヨタ自動車、物質構造科学研究所の共同研究の成果であるが、リチウムイオンの伝導率がこれまでの2倍という過去最高の性能を誇る固体電解質の発見によって実現した。全固体電池は、次世代の自動車開発、スマートグリッド拡大などにつながる有力な蓄電デバイスとして期待されており、全世界的にも全固体電池開発の主導権争いで競争が激化している。トヨタ自動車は、2020年代の前半には実際の製品に全固体電池を搭載する計画と報道されている。また、論文(1)(2)のリチウムイオン電池の高性能化、他のイオン電池の開発も含めて、次世代の二次電池への貢献は社会的意義が高いと判断した。</p>	○	(1) Kato, Y; Hori, S; Saito, T; Suzuki, K; Hirayama, M; Mitsui, A; Yonemura, M; Iba, H; Kanno, R	High-power all-solid-state batteries using sulfide superionic conductors	Nature Energy	Volume 1, Issue 4	Article number 16030	2016	10.1038/nenergy.2016.30
								(2) Kubota, K; Asari, T; Yoshida, H; Yaabuuchi, N; Shiiba, H; Nakayama, M; Komaba, S	Understanding the Structural Evolution and Redox Mechanism of a NaFeO <sub>2</sub> -NaCoO <sub>2</sub> Solid Solution for Sodium-Ion Batteries	Advanced Functional Materials	Volume 26, Issue 33	pp. 6047-6059	2016	10.1002/adfm.201601292
								(3) Yabuuchi, N; Nakayama, M; Takeuchi, M; Komaba, S; Hashimoto, Y; Mukai, T; Shiiba, H; Sato, K; Kobayashi, Y; Nakao, A; Yonemura, M; Yamanaka, K; Mitsuhashi, K; Ohta, T	Origin of stabilization and destabilization in solid-state redox reaction of oxide ions for lithium-ion batteries	Nature Communications	Volume 7	Article number 13814	2016	10.1038/ncomms13814
2	13030	磁性、超伝導および強相関系関連	<p>軟X線コヒーレント回折法の開発と磁気渦(磁気スキルミオン)を形成する新たな磁性材料への応用</p> <p>この共同研究では、スピニングがナノスケールで渦を形成する、スキルミオンと呼ばれる磁気渦構造に着目し、物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおける特徴ある軟X線散乱及びナノスケール顕微鏡を利活用して磁気渦の内部構造を明らかにするとともに、新たな手法開発によってスキルミオンの配列の初観測に成功した研究成果をまとめた。スキルミオンは新たなスピントロニクス材料として注目されており、デバイス応用への展開が期待される。</p>	S	○	<p>東京大学の十倉好紀教授の研究グループと物質構造科学研究所の研究グループによる緊密な共同研究によって新たな現象である磁気渦構造スキルミオンを独自の斬新な手法で世界で初めて実空間観察した点で優れた業績と判断した。</p> <p>特に(1)では、「磁気フラストレーション」に着目することで従来のスキルミオン材料の定説を覆す新たな物質を開発し、そのスピニング構造をX線を用いて決定した。2019年8月末にScienceに掲載されて以降、被引用数8回(2020年3月時点)を数える。</p> <p>(2)(3)では、PFの特長である軟X線領域における高いコヒーレントフラックスを活かしたコヒーレントイメージング法によってスキルミオンの配列を温度変化も含めて実空間観察することに初めて成功した。これらの研究における新手法開発の部分に限っても、国内7件(日本結晶学会2018年度年会(2018年11月)、顕微ナノ・表面科学・SPM合同シンポジウム(2019年3月)他)、国際1件(国際ワークショップ『IMR+MAX IV』(2020年1月))の依頼・招待講演を行っている。</p>	○	(1) Kurumajil, T; Nakajima, T; Hirschberger, M; Kikkawa, A; Yamasaki, Y; Sagayama, H; Nakao, H; Taguchi, Y; Arima, T; Tokura, Y	Skyrmion lattice with a giant topological Hall effect in a frustrated triangular-lattice magnet	Science	Volume 365, Issue 6456	pp. 914-918	2019	10.1126/science.aau0968
								(2) Ukleev, V; Yuichi, Yamasaki, Y; Morikawa, D; Kanazawa, N; Okamura, Y; Nakao, H; Tokura, Y; Arima, T	Coherent Resonant Soft X-ray Scattering Study of Magnetic Textures in FeGe	Quantum beam science	Volume 2, Issue 1	3	2018	10.3390/qbs2010003
								(3) Ukleev, V; Yamasaki, Y; Morikawa, D; Karube, K; Shibata, K; Tokunaga, Y; Okamura, Y; Amemiya, K; Valdivares, M; Nakao, H; Taguchi, Y; Tokura, Y; Arima, T	Element-specific soft x-ray spectroscopy, scattering, and imaging studies of the skyrmion-hosting compound Co <sub>8</sub> Zn <sub>8</sub> Mn <sub>4</sub>	Physical Review B	Volume 99, Issue 14	Article number 144408	2019	10.1103/PhysRevB.99.144408
3	26020	無機材料および物性関連	<p>二次元エレクトロイド物質における電子物性とアンモニア合成触媒機能に関する研究</p> <p>元素戦略プロジェクトによる本共同研究では、電子が二次元的に自由に運動できる新たな物質である、二次元エレクトロイドに着目し、国際的に見てユニークな物質構造科学研究所放射光実験施設PF、中性子施設、ミュオン施設を併用したマルチプローブ研究によって、その特異な電子状態やスピン状態を検証するとともに、この物質を新たな触媒として応用し、その動作機構を明らかにしている。</p>	SS	○	<p>東京工業大学の細野秀雄教授の研究グループと物質構造科学研究所の研究グループによる一連のエレクトロイド物質に関する緊密な共同研究の成果であり、他では不可能なマルチプローブ研究によって新しい概念の物質系の実在性を証明した点で卓越した業績と判断した。</p> <p>特に(1)では、貴金属を使わずアンモニア合成触媒となる新物質として、電子が陰イオン(アニオン)として働く電子化物(エレクトロイド)のコンセプトを拡張することでLaCoSiを発見し、その反応機構を提唱した。被引用回数は44回(2020年3月時点)であり、材料科学分野の論文で被引用回数の上位1.92%にランクされている。令和元年6月6日の毎日新聞の朝刊をはじめとする新聞各紙に取り上げられた。</p> <p>(2)では、放射光角度分解光電子分光によるバンド構造の直接観測により、Y2Cが二次元エレクトロイド物質であることを直接的に証明した。</p> <p>(3)では、Y2Cが二次元エレクトロイドとして理解されるにもかかわらず、理論的に予想されたストナー強磁性を示さないこと、さらにその原因がYの4d軌道における大きなオンサイトクーロン相互作用にある可能性をミュオンスピン共鳴法により明らかにした。</p>	○	(1) Gong, YT; Wu, JZ; Kitano, M; Wang, JJ; Ye, TN; Li, J; Kobayashi, Y; Kishida, K; Abe, H; Niwa, Y; Yang, HS; Tada, T; Hosono, H	Ternary intermetallic LaCoSi as a catalyst for N <sub>2</sub> activation	Nature Catalysis	Volume 1, Issue 3	pp. 178-185	2018	10.1038/s41929-017-0022-0
								(2) Horiba, K; Yukawa, R; Mitsuhashi, T; Kitamura, M; Inoshita, T; Hamada, N; Otani, S; Ohashi, N; Maki, S; Yamaura, J; Hosono, H; Murakami, Y; Kumigashira, H	Semimetallic bands derived from interlayer electrons in the quasi-two-dimensional electride Y2C	Physical Review B	Volume 96, Issue 4	Article number 045101	2017	10.1103/PhysRevB.96.045101
								(3) Hiraishi, M; Kojima, K; M.; Yamauchi, I; Okabe, H; Takeshita, S; Koda, A; Kadono, R; Zhang, X; Matsuishi, S; Hosono, H; Hirata, K; Otani, S; Ohashi, N	Electronic correlation in the quasi-two-dimensional electride Y2C	Physical Review B	Volume 98, Issue 4	Article number 041104	2018	10.1103/PhysRevB.98.041104

業績番号	小区番号	小区名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的、経済的、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】						
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)
4	35030	有機機能材料関連	材料科学：分子性結晶薄膜のデバイス化を目指した構造研究  本研究は、近年実用化を目指して精力的に研究が進められている有機エレクトロニクスデバイスの材料開発に焦点をあてた研究であり、物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおいて有機デバイス研究に適したビームライン群での共同研究の成果である。有機半導体あるいは有機強誘電体のバルク結晶の構造と物性の相関を明らかにし、新たな物質開拓のための知見を得るとともに、高品質薄膜を作製し、デバイスの性能と構造の関係について明らかにしている。	S		積層薄膜表面構造を高精度に決定・評価するなどの新たな研究展開であり、被引用度からも優れた論文と判断した。 (1)では、高移動度を有する有機半導体材料が得やすいBTBT骨格をもつ分子のうち、非対称なアルキル置換基をもつ分子種に注目し、アルキル基の長さの違いによる構造の違いや、熱的安定性の違いを調べた。被引用度は38回(2020年3月時点)で、材料科学分野の論文で被引用回数の上位4.98%である。 (2)では、6インチサイズのシリコンウエハー全面に、溶液プロセスにおいて有機半導体2分子層の薄膜を形成した。放射光X線を用いた薄膜回折実験により、分子の積層様式を決定し、大面積に渡って均一な単結晶ドメインであることが明らかになった。材料科学分野の論文で被引用回数の上位8.71%である。 (3)では、有機半導体薄膜において、溶液プロセスにおいて形成した薄膜の分子積層数の制御を行っている。非対称置換様式をもつBTBT誘導体(Ph-BTBT-C10)は、二分子からなるユニットが積層した結晶構造をもつ。このユニットの数を1から15まで制御して異なる膜厚をもつ薄膜の作製を行い、これを用いた有機薄膜トランジスタにおいて、層数の違いによりキャリアの注入効率が異なることを明らかにした。	○	(1)	Minemawari, H; Tanaka, M.; Tsuzuki, S; Inoue, S; Yamada, T; Kumai, R; Shimoi, Y; Hasegawa, T	Enhanced Layered-Herringbone Packing due to Long Alkyl Chain Substitution in Solution-Processable Organic Semiconductors	Chemistry of Materials	Volume 29, Issue 3	pp. 1245-1254	2017	10.1021/acs.chemmater.6b04628
								(2)	Arai, S; Inoue, S; Hamai, T; Kumai, R; Hasegawa, T	Semiconducting single molecular bilayers realized using geometrical frustration	Advanced Materials	Volume 30, Issue 23	Article number 1707256	2018	10.1002/adma.201707256
								(3)	Hamai, T; Arai, S; Hiromi, Minemawari, H; Inoue, S; Kumai, R; Hasegawa, T	Tunneling and Origin of Large Access Resistance in Layered-Crystal Organic Transistors	Physical Review Applied	Volume 8, Issue 5	Article number 054011	2017	10.1103/PhysRevApplied.8.054011
5	43020	構造生物化学関連	生命科学：生体高分子の構造決定法の開発  生体高分子の構造決定の多くはX線結晶構造解析でなされてきた。これまで、重原子をタンパク質に導入して位相問題を解決してきたが、比較的軽い硫黄を用いた位相決定法(Native SAD法)を物質構造科学研究所では重点課題として追求してきた。本研究では、高い測定精度の必要なNative SAD法の確立を目指し、ビームラインや測定法の最適化を図ると共に、国際共同研究も行う事でNative SAD法を確立した。	SS		(1)は、Native SAD法の測定指針を与えるための国際共同研究の成果で、被引用回数18回、結晶学分野の論文で上位7.62%である。(2)は、Native SAD法の検証論文で、物質構造科学研究所がMOUを交わしているスイスのPSI/SLSとの共同研究であり、放射光実験施設PFのNative SAD用のビームラインBL-1Aと結晶整形装置を利用したものである。この論文は生物学分野の注目論文としてFaculty1000に取り上げられた。論文の元になっているBL-1Aと結晶整形装置を組み合わせた測定技術は、2019年度の米国結晶学会のワークショップの1つでも広く取り上げられ、BL-1Aは国際的にもNative SAD法のメッカとして認知されたことで卓越した業績と判断した。このように海外の研究者からも注目された結果、国際共同利用によって構造決定にNative SAD法が用いられた例の一つとして(3)を示した。	○	(1)	Liebschner D, Yamada Y, Matsugaki N, Senda M, Senda T	On the influence of crystal size and wavelength on native SAD phasing.	Acta Crystallographica Section D: Structural Biology	Volume 72, Issue 6	pp. 728-741	2016	10.1107/S2059798316005349
								(2)	Basu S, Olieric V, Leonarski F, Matsugaki N, Kawano Y, Takashi T, Huang CY, Yamada Y, Vera L, Olieric N, Basquin J, Wojdyla JA, Bunk O, Diederichs K, Yamamoto M, Wang M	Long-wavelength native-SAD phasing: opportunities and challenges	IUCrJ	Volume 6	pp. 373-386	2019	10.1107/S2052252519002756
								(3)	Ray-Gallet D, Ricketts MD, Sato Y, Gupta K, Boyarchuk E, Senda T, Marmorstein R, Almouzni G	Functional activity of the H3.3 histone chaperone complex HIRA requires trimerization of the HIRA subunit.	Nature Communications	Volume 9, Issue 1	Article number 3103	2018	10.1038/s41467-018-05581-y
6	43020	構造生物化学関連	生命科学：転写とクロマチンに関する構造生物学研究  転写と複製は生命現象の基本過程であり、長年ライフサイエンスの中心的な課題として研究されてきた。近年ではバクテリアより複雑な真核生物の細胞内過程が盛んに研究されている。本研究テーマでは、物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおける構造生物学専用結晶構造解析ビームライン群を用いて構造解析が行われ、転写と複製の分子論的なメカニズムに迫る新しい知見を与えることに成功した。	SS		一つの柱として転写と複製の分子論的なメカニズムというライフサイエンスの中心的な課題に関する研究を国内外の複数の共同利用によって推進しており、被引用度からも卓越した業績を創出していると判断した。 (1)は、真核生物の転写伸長複合体の結晶構造解析の研究結果である。この論文の被引用回数は47回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位1.79%にランクしている。 (2)は、細胞分裂に際してクロマチン構造を2つに分離する際の基本分子SMCの構造解析の研究結果である。この論文の被引用回数は35回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位3.00%にランクしている。 (3)は、主要なエピジェネティック情報であるDNAのメチル化がDNA複製の際にどのように伝達されるのかというエピジェネティック情報伝達の謎に迫る構造解析である。この論文の被引用回数は27回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位4.72%にランクしている。	○	(1)	Ehara, H; Yokoyama, T; Shigematsu, H; Yokoyama, S; Shirouzu, M; Sekine, S	Structure of the complete elongation complex of RNA polymerase II with basal factors	Science	Volume 357, Issue 6354	pp. 921-924	2017	10.1126/science.aan8552
								(2)	Diebold-Durand, ML; Lee, H; Avila, LBR; Noh, H; Shin, HC; Im, H; Bock, FP; Burmann, F; Durand, A; Basfeld, A; Ham, S; Basquin, J; Oh, BH; Gruber, S	Structure of Full-Length SMC and Rearrangements Required for Chromosome Organization	Molecular Cell	Volume 67, Issue 2	pp. 334-347.e5	2017	10.1016/j.molcel.2017.06.010
								(3)	Ishiyama, S; Nishiyama, A; Saeki, Y; Moritsugu, K; Morimoto, D; Yamaguchi, L; Arai, N; Matsumura, R; Kawakami, T; Mishima, Y; Hojo, H; Shimamura, S; Ishikawa, F; Tajima, S; Tanaka, K; Ariyoshi, M; Shirakawa, M; Ikeguchi, M; Kidera, A; Suetake, I; Arita, K; Nakanishi, M	Structure of the Dnmt1 Reader Module Complexed with a Unique Two-Mono-Ubiquitin Mark on Histone H3 Reveals the Basis for DNA Methylation Maintenance	Molecular Cell	Volume 68, Issue 2	pp. 350-360.e7	2017	10.1016/j.molcel.2017.09.037

業績番号	小区番号	小区名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的、経済的、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】						
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)
7	43020	構造生物学化学関連	<p>生命科学：植物機能に関する構造生物学研究</p> <p>植物の光合成は、自然界で光エネルギーを化学エネルギーに変換する最も重要なプロセスであり、その分子機構の解明は光合成研究における中心的な課題となっている。本研究テーマでは、物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおける構造生物学専用結晶構造解析ビームライン群を用いて、光合成関連の蛋白質の構造決定がなされた。また近年研究が急速に進んでいる植物ホルモン関係の新規受容体の構造解析にも成功し、大きな注目を集めている。</p>	SS		<p>一つの柱として植物の光合成の分子機構の解明及び植物ホルモン関係の新規受容体の構造解析を国内外の複数の共同利用によって推進しており、被引用度からも卓越した業績を創出していると判断した。</p> <p>(1)では、光合成において中心的役割をはたす光合成細菌由来のLHI-RCの複合体構造の決定に成功した。この論文の被引用回数は20回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位3.06%にランクしている。</p> <p>(2)では、植物プランクトン由来のアンテナ蛋白質の構造などの決定がなされた。この論文は2019年発表ながら、被引用回数は15回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位0.61%にランクしている。</p> <p>(3)では、近年研究が急速に進んでいる植物ホルモン関係の新規受容体の構造解析に成功した。この論文の被引用回数は124回(2020年3月時点)であり、植物学分野で上位0.07%にランクしており、極めて注目度が高い研究成果である。</p>	○	(1)	Yu, LJ; Suga, M; Wang-Otomo, ZY; Shen, JR	Structure of photosynthetic LHI-RC supercomplex at 1.9 angstrom resolution	Nature	Volume 556, Issue 7700	pp. 209-213	2018	10.1038/s41586-018-0002-9
								(2)	Wang, WD; Yu, LJ; Xu, CZ; Tomizaki, T; Zhao, SH; Umena, Y; Chen, XB; Qin, XC; Xin, YY; Suga, M; Han, GY; Kuang, TY; Shen, JR	Structural basis for blue-green light harvesting and energy dissipation in diatoms	Science	Volume 363, Issue 6427	8	2019	10.1126/science.aav0365
								(3)	Yao, RF; Ming, ZH; Yan, LM; Li, SH; Wang, F; Ma, S; Yu, CT; Yang, M; Chen, L; Chen, LH; Li, YW; Yan, C; Miao, D; Sun, ZY; Yan, JB; Sun, YN; Wang, L; Chu, JF; Fan, SL; He, W; Deng, HT; Nan, FJ; Li, JY; Rao, ZH; Lou, ZY; Xie, DX	DWARF14 is a non-canonical hormone receptor for strigolactone	Nature	Volume 536, Issue 7617	pp. 469-473	2106	10.1038/nature19073
8	43020	構造生物学化学関連	<p>生命科学：代謝に関する構造生物学研究</p> <p>近年、細胞内ネットワークの解明が進むとともに、代謝物の網羅的な解析も可能になってきたこと、さらに疾病との関係から代謝研究が注目を集めている。本研究テーマでは、物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおける構造生物学専用構造解析ビームライン群を用いて、代謝に関わるタンパク質について一連の構造生物学研究が行われた。</p>	SS		<p>一つの柱として代謝やオートファジーに関わるタンパク質の構造生物学的研究を国内外の複数の共同利用によって推進しており、被引用度からも卓越した業績を創出していると判断した。</p> <p>(1)は、エネルギー代謝の重要因位であるmTORCの活性制御因子として知られるアルギニンのトランスポーターの構造解析である。被引用回数は18回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位3.74%である。</p> <p>(2)は、蛋白質や細胞内小器官の分解を担うオートファジー関連因子のAtg2の構造解析である。2016年に大隅博士のノーベル賞受賞対象となったオートファジー関連蛋白質の構造解析研究の多くがPFを利用した共同研究の成果であり、この論文は2019年出版ながら、被引用回数は17回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位0.20%である。</p> <p>(3)は、Nix-LC3Bの部分構造の決定に関する研究である。この論文の被引用回数は26回(2020年3月時点)であり、生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数の上位4.65%である。</p>	○	(1)	Jungnickel, KEJ; Parker, JL; Newstead, S	Structural basis for amino acid transport by the CAT family of SLC7 transporters	Nature Communications	Volume 9, Issue 1	Article number 550	2018	10.1038/s41467-018-03066-6
								(2)	Osawa, T; Kotani, T; Kawaoka, T; Hirata, E; Suzuki, K; Nakatogawa, H; Ohsumi, Y; Noda, NN	Atg2 mediates direct lipid transfer between membranes for autophagosome formation	Nature Structural and Molecular Biology	Volume 26, Issue 4	pp. 281-288	2019	10.1038/s41594-019-0203-4
								(3)	Rogov, VV; Suzuki, H; Marinkovic, M; Lang, V; Kato, R; Kawasaki, M; Buljubasic, M; Sprung, M; Rogova, N; Wakatsuki, S; Hamacher-Brady, A; Dotsch, V; Dikic, I; Brady, NR; Novak, I	Phosphorylation of the mitochondrial autophagy receptor Nix enhances its interaction with LC3 proteins	Scientific Reports	Volume 7, Issue 1	Article number 1131	2017	10.1038/s41598-017-01258-6
9	47010	薬系化学および創薬科学関連	<p>生命科学：創薬関連の構造生物学研究</p> <p>近年、創薬等支援技術基盤プラットフォーム(PDIS)や創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム(BINDS)などの国家プロジェクトの影響もあり、アカデミア創薬の動きが活発化している。物質構造科学研究所放射光実験施設PFにおいてもアカデミア発の創薬研究が多数行われており、その結果、重要な薬標的に対する阻害剤開発で多くの研究成果を挙げている。</p>	SS		<p>一つの柱として薬標的に対する阻害剤開発に関する研究を国内外の複数の共同利用によって推進しており、被引用度からも卓越した業績を創出していると判断した。</p> <p>(1)は、近年注目を集めている抗体医薬の新しい可能性を追求するためのペプチド化学修飾抗体の基礎的研究である。生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数(2020年3月時点)の上位5.62%にランクしている。</p> <p>(2)は、概日リズムの制御に重要な役割をはたすCK2の阻害剤探索を実施した研究成果である。生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数(2020年3月時点)の上位1.69%にランクしている。</p> <p>(3)は、ストレスや炎症シグナルに関するJNK/パスウェイにあるMKK7の最初の阻害剤探索を行った研究成果である。生化学・分子生物学分野の論文で被引用回数(2019年12月時点)の上位1.13%にランクしている。</p>	○	(1)	Kishimoto, S; Nakashimada, Y; Yokota, R; Hatanaka, T; Adachi, M; Ito, Y	Site-Specific Chemical Conjugation of Antibodies by Using Affinity Peptide for the Development of Therapeutic Antibody Format	Bioconjugate Chemistry	Volume 30, Issue 3	pp. 698-702	2019	10.1021/acs.bioconjchem.8b00865
								(2)	Oshima, T; Niwa, Y; Kuwata, K; Srivastava, A; Hyoda, T; Tsuchiya, Y; Kumagai, M; Tsuyuguchi, M; Tamaru, T; Sugiyama, A; Ono, N; Zolboot, N; Aikawa, Y; Oishi, S; Nonami, A; Arai, F; Hagihara, S; Yamaguchi, J; Tama, F; Kunisaki, Y; Yagita, K; Ikeda, M; Kinoshita, T; Kay, SA; Itami, K; Hirota, T	Cell-based screen identifies a new potent and highly selective CK2 inhibitor for modulation of circadian rhythms and cancer cell growth	Science Advances	Volume 5, Issue 1	Article number eaau9060	2019	10.1126/sciadv.aau9060



業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的、経済的、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】								
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)		
										(3)	Shraga, A; Olshvang, E; Davidzohn, N; Khoshkenar, P; Germain, N; Shurrush, K; Carvalho, S; Avram, L; Unger, T; Lefker, B; Subramanyam, C; Hudkins, RL; Mitchell, A; Shulman, Z; Kinoshita, T; London, N	Covalent Docking Identifies a Potent and Selective MKK7 Inhibitor	Cell Chemical Biology	Volume 26, Issue 1	pp. 98-105. e5	2019	10.1016/j.chembiol.2018.10.011
10	13010	教理物理および物性基礎関連	物理学：新奇的電子状態の発見 グラファイトから単原子層を剥離したグラフェンにおいて「ディラック粒子」が発見され、2010年のノーベル物理学賞を受賞したことをきっかけに、新奇的電子状態の探索が精力的に行われている。本研究テーマでは、物質構造科学研究所放射光施設PFの強みであるVUV-軟X線領域の角度分解光電子分光を駆使した研究を、研究所のグループが中心になって行い、新奇的電子状態を発見し、新しい量子デバイス開発への道を切り拓いたものである。	SS		(1)では、新しい二次元物質であるホウ素の単分子膜「ポロフェン」において、質量がゼロになる粒子を初めて発見した。被引用回数は126回(2020年3月時点)であり、物理学分野の論文で被引用回数の上位0.31%という高順位にランクされている。 (2)では、他の物質で観測されていたものとは異なる、新型の粒子である「スピン1粒子」および「二重ワイル粒子」を発見したもので、Physical Review Letters誌においてEditor's SuggestionおよびFeatured in Physicsに選定された。物理学分野の論文で被引用回数(2020年3月時点)の上位0.24%である。 (3)では、強相関物質であるMn3Snにおいて、「磁気ワイルフェルミオン」という新しい粒子が存在することを初めて示した。被引用回数は81回(2020年3月時点)であり、物理学分野の論文で被引用回数の上位1.06%である。	○		(1)	Feng, BJ; Sugino, O; Liu, RY; Zhang, J; <u>Yukawa, R</u> ; Kawamura, M; Imori, T; Kim, H; Hasegawa, Y; Li, H; Chen, L; Wu, KH; <u>Kumigashira, H</u> ; Komori, F; Chiang, TC; Meng, S; Matsuda, I	Dirac Fermions in Borophene	Physical Review Letters	Volume 118, Issue 9	Article number 096401	2017	10.1103/PhysRevLett.118.096401	
									(2)	Takane, D; Wang, ZW; Souma, S; Nakayama, K; Nakamura, T; Oinuma, H; Nakata, Y; Iwasawa, H; Cacho, C; Kim, T; <u>Horiba, K</u> ; <u>Kumigashira, H</u> ; Takahashi, T; Ando, Y; Sato, T	Observation of Chiral Fermions with a Large Topological Charge and Associated Fermi-Arc Surface States in CoSi	Physical Review Letters	Volume 122, Issue 7	Article number 076402	2019	10.1103/PhysRevLett.122.076402	
									(3)	Kuroda, K; Tomita, T; Suzuki, MT; Bareille, C; Nugroho, AA; Goswami, P; Ochi, M; Ikhlas, M; Nakayama, M; Akebi, S; Noguchi, R; Ishii, R; Inami, N; <u>Ono, K</u> ; <u>Kumigashira, H</u> ; Varykhalov, A; Muro, T; Koretsune, T; Arita, R; Shin, S; Kondo, T; Nakatsuji, S	Evidence for magnetic Weyl fermions in a correlated metal	Nature Materials	Volume 16, Issue 11	pp. 1090-1095	2017	10.1038/NMAT4987	

# 研究業績説明書

法人番号	89	法人名	高エネルギー加速器研究機構	学部・研究科等番号	3	学部・研究科等名	加速器研究施設	専任教員数	127 [人]	提出できる研究業績数の上限	25 [件]
------	----	-----	---------------	-----------	---	----------	---------	-------	---------	---------------	--------

## 1. 学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準【400字以内】

本研究施設の任務は、本機構の研究活動の根幹インフラである高エネルギー加速器の安定運転によって共同利用実験を可能とするとともに、加速器全般の尖端的な研究開発を行うことにある。本機構の素粒子原子核・物質生命科学の研究は、いずれもその規模や質において関係学で世界的な注目を受け、関連分野の学問・技術先端の指標水準を更新してきたが、これは、本研究施設における加速器要素技術の基盤研究とビーム性能の向上で有機的に連携・展開する先端開発で支えられている。そのため、本研究施設の研究力の評価には基礎・応用研究への貢献と、加速器自体の性能改善に関わる研究の二つの視点で臨むと同時に、加速器関連の学会・国際会議及び本研究施設内での相互評価も勘案する必要がある。これらの事情から、成果の選定にあたっては、他の学問分野では必ずしも重視されない会議での発表やワークショップ等での報告にも一定の比重をおいている。

## 2. 選定した研究業績

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的・経済的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)	
1	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理学に関する実験	J-PARCにおける大電流陽子加速器J-PARCの運転性能高度化 陽子を30GeVまで加速する加速器複合体であるJ-PARCは、各加速段階の陽子ビームを素粒子・原子核・物質・生命科学の多様な共用実験に安定供給するとともに、世界最大のビーム強度実現に向けた技術開発を積極的に行ってきた。これらにより、基礎・応用の研究に寄与する加速器インフラの整備と大電流陽子加速器で必要な加速器技術の総合革新を主導的に推進している。	SS		上記の「判断基準」に触れたように、加速器科学の分野では世界の稼働中・開発中の加速器の状況をリアルタイムに共有する場として「国際粒子加速器会議」(IPAC、毎回1000人以上が参加)を最重要視する。(1)はJ-PARC加速器の全体概要を2019年のその国際会議の招待講演で発表したものである。プログラム委員会がJ-PARCの発表を会議冒頭に置いたところに高い評価が寄せられていることが見て取れる。(2)は原子核等の実験に向け主リングから陽子ビームを取り出す際、実験者が求める高いS/N比を実現する綿密な手法の開発過程を論じた論文である。この技術は加速器学会誌編集委員会に注目され、解説記事の投稿を要請されたものである。(3)はJ-PARCのユーザー利用先の一つであるT2K実験グループによる論文であり、ニュートリノでCP対称性の破れを世界で初めて示し、被引用数上位0.4%にランクされ高い注目を集めた。			(1)	S. Igarashi	Challenges to Higher Beam Power in J-PARC: Achieved Performance and Future Prospects	Proceedings of the 10 <sup>th</sup> International Particle Accelerator Conference (IPAC2019)	pp. 167-170	2019	10.18429/JACoW-IPAC2019-MOPGW036	
									(2)	M. Tomizawa et al.	Slow extraction from the J-PARC main ring using a dynamic bump	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	Volume 902	pp. 51-61	2018	10.1016/j.nima.2018.06.004
									(3)	K. Abe et al.	Combined Analysis of Neutrino and Antineutrino Oscillations at T2K	Physical Review Letters	Volume 118, Issue 15	Article number 151801	2017	10.1103/PhysRevLett.118.151801
2	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理学に関する実験	高周波用磁性材料の開発による加速器科学への貢献 本研究では、大電流陽子シンクロトロンに適用する金属磁性体を用いた加速空洞を開発実用化した。この加速空洞は、優れた動作特性と安定した稼働実績を挙げるとともに、その技術的優位性から海外の研究機関である欧州合同原子核研究機構(CERN)の基幹計画にも採用される、という国際的な技術貢献事例に至ったものである。	S		J-PARCで開発・実用化された金属磁性体を用いた加速空洞は、高い加速勾配、広い周波数特性、安定な稼働実績が高く評価され、他機関の加速器施設でも利用されその運用実績を伸ばしている。CERNの基幹プロジェクトであるHL-LHCの注入器増強(LIU)では、陽子シンクロトロンブースター(PSB)の加速空洞と陽子シンクロトロン(PS)のダンパー空洞というビーム性能の成否に関わる極めて重要な機器に採用された。吉沢克仁氏(現KEK研究員、前職ではメーカーサイドでJ-PARC研究者とともに開発に従事)は2018年の高エネルギー加速器科学研究奨励会賞・熊谷賞を受賞した。(1)は、金属磁性体空洞を用いた空洞の制御に関する最新の成果を投稿論文として発表したものである。本研究は、「1」に挙げた「J-PARC加速器における大電流陽子加速器の運転性能高度化」を実施可能とした重要な基盤研究とも位置づけられる。			(1)	F. Tamura et al.	Multiharmonic vector rf voltage control for wideband cavities driven by vacuum tube amplifiers in a rapid cycling synchrotron	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 22, Issue 9	Article number 092001	2019	10.1103/PhysRevAccelBeams.22.092001
									(2)							
									(3)							
3	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理学に関する実験	大電流電子・陽電子加速器用超高真空システムの開発 本研究では、電子・陽電子衝突でのB中間子生成を目的とするSuperKEKB加速器の真空システムにおいて、フランジ、ビームパイプ、ベローズ等の大型加速器特有の各種超高真空機器や陽電子リングにおける電子雲ビーム不安定性の対策技術等を革新した。SuperKEKBの初期運転では約1Aの蓄積電流値の達成に大きく貢献し、開発した各種真空機器の基本的性能を実証した。	S		本研究は、2017年真空学会(現表面真空学会)真空技術賞を受賞し、真空学会から次のように評価されている。「本研究で開発で得られた知見は、今後の最先端大強度加速器真空システムの設計指針の一つとなるのは必至で、本学会誌等多くの雑誌や国際会議で広く公表され、高い評価を得ている。また、業績内容が示すように、候補者らは開発の初期段階から、各種技術開発の報告を当学会誌等に行ってきた。本業績は加速器真空システムの性能向上に大きく貢献するのみならず、真空に関する科学技術の進歩に寄与するところ大である。(1)~(3)はこの受賞対象となった論文である。また、本研究は「8」に挙げた「SuperKEKB加速器の建設と運転開発に関する研究」を実施可能とした重要な基盤研究の一つと位置づけられる。			(1)	Y. Suetsugu, K. Shibata, T. Ishibashi, H. Fukuma, M. Tobiyama, J. Flanagan, E. Mulyani, M. Shirai, S. Terui, K. Kanazawa, and H. Hisamatsu	Achievements and problems in the first commissioning of SuperKEKB vacuum system	Journal of Vacuum Science and Technology A: Vacuum, Surfaces and Films	Volume 35, Issue 3	Article number 03E103	2017	10.1116/1.4977764
									(2)	Y. Suetsugu, K. Shibata, T. Ishibashi, M. Shirai, S. Terui, K. Kanazawa, and H. Hisamatsu	First commissioning of SuperKEKB vacuum system	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 19, Issue 12	Article number 121001	2016	10.1103/PhysRevAccelBeams.19.121001
									(3)	Y. Suetsugu, K. Kanazawa, K. Shibata, T. Ishibashi, H. Hisamatsu, M. Shirai, and S. Terui	Results and problems in the construction phase of the SuperKEKB vacuum system	Journal of Vacuum Science and Technology A: Vacuum, Surfaces and Films	Volume 34, Issue 2	Article number 021605	2016	10.1116/1.4942455
4	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理学に関する実験	大規模加速器での精密測定、アライメント 本研究はKEKB及びSuperKEKB加速器において、極めて大規模かつ複雑な電磁石システム(電磁石総数は1,000台を超える)の精密測定、アライメントを実現したもの(水平方向に配置された2リングの3kmに及ぶ周長差が0.2mm)である。	S		本研究は(1)、(2)、(3)に挙げられる国際会議で発表されるとともに、2019年度のお茶の水女子大学賞「湯浅年子賞(金賞)」を受賞している。 (http://www.ocha.ac.jp/danjo/op/yp/yp_2019result.html) また、本研究は、「8」に挙げた「SuperKEKB加速器の建設と運転開発に関する研究」を実施可能とした重要な基盤研究業績の一つと位置づけられる。			(1)	Hiromi Iinuma, Kazumi Egawa, and Mika Masuzawa	Magnet System for the SuperKEKB Main Ring	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 22, Issue 3	Article number 6164238	2012	10.1109/TASC.2012.2185470
									(2)	Ruhei Sugahara, T. Kashi, Kawamoto, and Mika Masuzawa	Sextupole Magnets with Variable Tilting Angle for SuperKEKB	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 26, Issue 4	Article number 7439810	2016	10.1109/TASC.2016.2541697
									(3)	Mika Masuzawa, Kazumi Egawa and Hiromi Iinuma	Newly Fabricated Resistive Magnets of SuperKEKB Interaction Region	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 26, Issue 4	Article number 7378305	2016	10.1109/TASC.2016.2516643

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会、経済、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)	
5	80040	量子ビーム科学関連	次世代ハドロンセラピーの開発研究 本研究では、医療用炭素イオン加速器の実現を目指し、KEKで過去17年にわたり開発・実証してきた円型誘導加速器技術(2006年文部科学大臣賞、2008年21世紀発明賞受賞)とその周辺ノウハウをベースに、高速3次元ビームスポットスキニングや炭素イオンの生成・制御等が必要とされる基幹要素技術の開発と本格的なシステム設計を進め、将来への展望を積極的に開拓している。	S		(1)は次世代ハドロンセラピーで要求される移動標的への高速3次元スポットスキニングを可能とする概念設計を世界で初めて提唱した論文である。(2)はレーザーアブレーションイオン源で生成した炭素イオンを速い繰返しで運転する誘導加速シンクロトロン(KEKデジタル加速器)に直接入射し、誘導加速手法(バリアーバケット加速)での閉じ込め実験に世界で初めて成功した実験研究の報告。(3)はその総括レビューを国際会議に招待され講演を行ったもの。これらを元に、インドTata Memorial Hospital(TMH)ではESCORCを国家プロジェクトとして実現する案が検討中で、KEKとSAMEER、TMHの間の国際協力に向けた調整が行われている。			(1)	Leo Kwee Wah, K. Takayama, T. Adachi, K. Okamura	Compact hadron driver for cancer therapies using continuous energy sweep scanning	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 19, Issue 4	Article number 042802	2016	10.1103/PhysRevAccelBeams.19.042802
									(2)	N. Munemoto, K. Takayama, T. Adachi, K. Okamura	Direct injection of fully stripped carbon ions into a fast-cycling induction synchrotron and their capture by the barrier bucket	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 20, Issue 8	Article number 080101	2017	10.1103/PhysRevAccelBeams.20.080101
									(3)	K. Takayama	The Next Generation of Hadron Therapy Driver: Continuous tracking irradiation on a moving and deformed tumor (2018 Nov. 13th in Sydney (invited))	New Technologies in Hadron Therapy Workshop IEEE NSS-MIC 2018			2018	
6	80040	量子ビーム科学関連	エネルギー回収型線形加速器(ERL)の開発研究 本研究は、従来の線形加速器では不可能だった高い平均ビーム電流(1mA)を安定的に実現する手法を開発した。ERL試験機であるcERL加速器のビーム試験で、平均電流を増加する上で鍵となるビームロスに関する物理を明らかにし、高平均ビーム電流での安定運転を実証した。また、ERLの応用に向けて、パンチ圧縮試験を行い、150fsの短パンチ発生を確認した。	S		(1)は、cERLのビームロスの主要原因となっていたビームハローの形成機構を明らかにした論文で、国際ワークショップERL2019でこの内容を含む招待講演を行った。(2)は、cERLでビームロスの原因となるハローを取り除いているコレクタのウェーク場によるビーム品質への影響を実験とシミュレーションから評価したもので、日本加速器学会年会賞を受賞するとともに「研究活動・研究者生活の初期段階にある、学生および若手研究者を奨励することを目的とした年会賞にふさわしい」との学会コメントを得ている。(3)は、cERLでアーク部での磁気的パンチ圧縮を行い、THzスケールの観測から150fsまでの短パンチの発生を実験的に確認した。これらに加え、cERLは「15」に挙げた「共振型回折放射による広帯域テラヘルツ自由電子レーザーの開発研究」における研究プラットフォームを提供している。			(1)	O. Tanaka, N. Nakamura, M. Shimada, T. Miyajima, A. Ueda, T. Ohina and R. Takai	New Halo Formation Mechanism at KEK Compact Energy Recovery Linac	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 21, Issue 2	Article number 024202	2018	10.1103/PhysRevAccelBeams.21.024202
									(2)	O. Tanaka, N. Nakamura, T. Ohina, Y. Tanimoto, T. Miyajima, M. Shimada, N. P. Norvell	A wake fields evaluation for beam collimators and the 60 pC electron beam at the Compact ERL at KEK	Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan		pp.1074-1077	2019	
									(3)	M. Shimada, Y. Honda, T. Miyajima, T. Hotei, T. Ohina, N. Nakamura, T. Uchiyama, R. Kato	Systematic measurements of the coherent THz spectra by magnetic bunch compression at the Compact ERL	Proceedings of IPAC2019		pp.1486-1488	2019	10.18429/JACoW-IPAC2019-TUPGW037
7	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関連する実験	ATF加速器における超低エミッタンスビームの生成と極小ビーム収束に関する研究 ATFは国際リニアコライダーなど将来の先端加速器が必要とされる超高精度のビーム生成・制御技術開発を行う国際共同研究拠点である。ダンピングリングで生成される超低エミッタンス高品質ビームを実現し、それを利用する世界で唯一の加速器施設であり、最先端ビーム診断技術、極小ビームの収束技術の開発研究において世界をリードしている。	SS		本研究は、平成基礎科学財団(小柴昌俊代表)より第8回折戸周治賞を受賞している。(1)は、ATF加速器における世界最小41nmの極小ビーム達成の報告である。将来の衝突型加速器に共通するビーム収束技術のマイルストーンとして高く評価されている。(2)は、極小ビーム収束光学系の高高度化に関するものである。ATFで既に達成された40nmの極小ビームを更に小さくする光学系とそのビーム調整技術について、ATFの極小ビームを用いて実験したものであり、将来の加速器での光学系設計に役立つ成果と評価される。(3)は、超低エミッタンスビームの性能に大きく関わるビームハローの生成機構をダンピングリングを用いた実験とシミュレーションとの比較で解明したものである。最先端のダイヤモンドセンサー検出器を用いてビームハローの幅分布まで精度良く評価しており、リング加速器の高度化に資する実験と評価されている。			(1)	T. Okugi and ATF International Collaboration	Achievement of Small Beam Size at ATF2 Beamline	Proceedings of the 28th Linear Accelerator Conference, LINAC2016		Article number M03A02 pp.27-31	2016	10.18429/JACoW-LINAC2016-M03A02
									(2)	M. Patecki, D. Bett, E. Marin, F. Plassard, and R. Tomás, K. Kubo, S. Kuroda, T. Naito, T. Okugi, T. Tauchi, and N. Terunuma	Probing half $\beta^*$ optics in the Accelerator Test Facility 2	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 19, Issue 10	Article number 101001	2016	10.1103/PhysRevAccelBeams.19.101001
									(3)	R. Yang, T. Naito, S. Bai, A. Arvshev, K. Kubo, T. Okugi, N. Terunuma, D. Zhou, A. Faus-Golfe, V. Kubyskyi, S. Liu, S. Wallon, and P. Bambade	Evaluation of beam halo from beam-gas scattering at the KEK Accelerator Test Facility	Physical Review Accelerators and Beams	Volume 21, Issue 5	Article number 051001	2018	10.1103/PhysRevAccelBeams.21.051001
8	80040	量子ビーム科学関連	SuperKEKB加速器の建設と運転開発に関する研究 ビーム衝突型加速器の性能指標であるルミノシティで世界記録を保持するKEKB加速器のさらに40倍の性能を目指すSuperKEKBについて、基本設計、技術開発、建設、運転、性能改善の全てを本研究施設が主導的に実施推進してきたものである。先端の基礎研究のための加速器インフラの整備と超高ルミノシティ加速器の実現に必要な加速器の技術革新を牽引している。	SS		(1)は粒子加速器研究で最も重要な国際加速器学会である国際粒子加速器会議(IPAC)招待講演に取り上げられたもの、(2)は翌2019年のIPACでSuperKEKBのビーム光学に関する研究が招待講演として取り上げられたものである。両者から、本研究が世界的な注目を集めていることを見て取れる。(3)はSuperKEKB加速器を利用したBelle II実験によって電子・陽電子衝突事象を初観測し実験を開始する、という大きなマイルストーン達成を示す論文である。			(1)	Y. Ohnishi	Report on SuperKEKB Phase 2 Commissioning	Proceedings of IPAC2018		pp.1-5	2018	10.18429/JACoW-IPAC2018-MOXGB1
									(2)	H. Sugimoto, et., al	OPTICS MEASUREMENTS AT SUPERKEKB USING BEAM BASED CALIBRATION FOR BPM AND BBA	Proceedings of IPAC2019		pp.1198-1202	2019	10.18429/JACoW-IPAC2019-TUZPLM2
									(3)	Belle-II Collaboration (F. Abudinén (INFN, Trieste) et al.)	Measurement of the integrated luminosity of the Phase 2 data of the Belle II experiment	Chinese Physics C	Volume 44, Number 2	Article number 021001	2020	10.1088/1674-1137/44/2/021001

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会、経済、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】					
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等
9	80040	量子ビーム科学関連	パルス電磁石による4リング同時トッピング入射の実現 本研究では、KEK電子陽電子入射器において、パルスごとに設定値を任意に変更できる柔軟な制御機能を搭載したパルス電磁石を開発、約100台を導入し、下流の4つのリングに、異なるエネルギーのビームを同時に供給することが可能なシステムを構築したものである。本システムはKEKつくばでの加速器運転において不可欠なものになるとともに、他の大型複合加速器施設の効率運用への応用寄与も期待されている。	SS		本研究は線形加速器において発生するビームのエネルギーを高速に切り替えることを可能とし、かつこれをR&Dレベルではなく定常運転レベルで安定的に実現した画期的なもので、「8」に挙げた「SuperKEKB加速器の建設と運転開発に関する研究」を実施可能とした電子・陽電子入射器における重要な基礎研究とも位置づけることができる。(1)は線形加速器に関する最も重要な国際会議における招待講演、(2)は加速器制御システムに関する国際専門会議での口頭発表に選ばれ高く評価された。(3)は、ビームの供給先の一つであるPF-AR6.5GeVトッピング運転実現に関する論文である。PF-ARトッピング運転の実現により、放射光の強度と光学系の安定性が高まり、物質構造科学研究所(ウェブ)のトビックスにも取り上げられて、多くの放射光ユーザーから高い評価を受けている。		(1) Y. Enomoto, K. Furukawa, T. Kamitani, F. Miyahara, T. Natui, M. Satoh, K. Yokoyama, M. Yoshida, S. Ushimoto, H. Saotome (2) Y. Enomoto, K. Furukawa, T. Natui, M. Satoh, H. Saotome (3) 長橋進也	PLUSE-TOPULSE BEAM MODULATION FOR 4 STORAGE RINGS WITH 64 PULSED MAGNETS Pulsed Magnet Control System Using COTS PXIe Devices and LabVIEW PF-AR におけるトッピング運転	Proceedings of the 29th Linear Accelerator Conference ICALEPS2019 Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	pp. 609-614	2018	10.18429/JACoW-LINAC2018-WE1A06	
10	80040	量子ビーム科学関連	基礎物理学研究のためのミュー粒子加速器の開発 本研究では、ミュー粒子における異常磁気モーメント(g-2)の精密測定と電気双極子能率(EDM)の探索で素粒子標準理論の新展開を図る実験研究(J-PARC E34)において、運動量の揃った負ミューオンを効率的に生成する技術を開発し、世界で初めて負ミューオンをマイクロ波加速に成功したものである。	SS		(1)は、KEKが内外の研究機関と準備中であるJ-PARC E34に当たり、高強度、低エミッタンスかつエネルギー、スピンの揃ったミュー粒子を提供するためにRFQ(四重極高周波空洞)やHモードのドリフト管型加速器を駆使するミュー粒子加速器のシステム設計を実施し、シミュレーション評価したものである。(2)はこの加速器の前段部にあったRFQの試作機を用いて負ミューオンをマイクロ波加速器で加速することに世界で初めて成功したことを報告する論文である。この成果は、欧州合同原子核研究機構(CERN)のニューズレターで速報される(3)など、素粒子の基礎研究と加速器の尖端的開発の双方の推進の観点から内外の研究機関で大きな注目と高い評価を集めた。		(1) M. Otani他 (2) S. Bae 他 (3) CERN	Interdigital H-mode drift-tube linac design with alternative phase focusing for muon linac First muon acceleration using a radio-frequency accelerator Muons accelerated in Japan	Physical Review Accelerators and Beams Physical Review Accelerators and Beams CERN COURIER   Reporting on international high-energy physics	Volume 19, Issue 4 Volume 21, Issue 5	Article number 040101 Article number 050101	2016 2018 2018	10.1103/PhysRevAccelBeams.19.040101 10.1103/PhysRevAccelBeams.21.050101 https://cerncourier.com/a/muons-accelerated-in-japan/
11	80040	量子ビーム科学関連	半導体リソグラフィ用高出力EUV-FELの研究 本研究は、ERLを用いたEUV-FEL光源の設計とシミュレーションによってその高出力性能を実証し、産業化に向けた検討や今後の研究開発の展望を示した。これにより、次世代半導体のEUVリソグラフィに必要な1kW級のEUV出力や、短波長化によるさらなる高分解能化、エネルギー回収による放射化低減が期待される。	S		本研究はKEKを主軸機関とする産学連携組織であるEUV-FEL産業化研究会が主体となって実施している。(1)は、ERLを利用した半導体リソグラフィ用高出力EUV-FEL光源を設計して、10kWを超える出力が達成可能であることをS2E(Start-to-End)シミュレーションで示した論文であり、その内容を含むEUV-FEL光源の研究で国際ワークショップERL2017で招待講演を行っている。(2)は、日本加速器学会からの依頼で、現在のEUVリソグラフィの現状と高出力EUV-FEL光源の今後の展望について日本加速器学会誌に掲載されたものである。(3)は、設計されたEUV-FEL光源の産業化に向けた検討及び課題解決のための研究開発について述べている。これらの成果はEUV-FEL産業化研究会が毎年開催するワークショップを通じて産業界からも次世代のEUV光源として大きな期待を集めている。		(1) N. Nakamura, R. Kato, T. Miyajima, M. Shimada, T. Hotei, R. Hajima (2) 河田 洋 (3) N. Nakamura, E. Kako, R. Kato, H. Kawata, T. Miyajima, H. Sakai, K. Umemori	S2E simulation of an ERL-based high-power EUV-FEL source for lithography EUVリソグラフィの現状とERLを用いた大強度EUV-FELの展望 Challenges Towards Industrialization of the ERL-FEL Light Source for EUV Lithography	Journal of Physics: Conference Series 日本加速器学会誌「加速器」 Proceedings of IPAC2019	Volume 874, Issue 1 Volume 15, Number 3	Article number 012013	2017 2018 2019	10.1088/1742-6596/874/1/012013 10.18429/JACoW-IPAC2019-THPMP013
12	80040	量子ビーム科学関連	先端医療用加速器BNCTの開発 筑波大学と共同推進する次世代がん治療法である加速器ベースのBNCT(ホウ素中性子捕捉療法)のため、J-PARC加速器の技術を活用した8MeV陽子線形加速器システムの設計・製造・運転の最適化を行い、大電流の医療用中性子発生装置の実現に主導的に取り組んできた。その結果、治療に必要な平均電流1.4mAで2時間の連続運転を安定に維持可能になり、試験開始要件を達成した。	S	S	【学術的意義】 (1)は中性子生成用のBe標的の耐ブリスタリング性能向上に関する報告で、水素吸蔵合金をBeとCuの間に挟み込みHIP処理で一体化することで、3000クーロン(患者600人分)の陽子ビームを照射しても発生中性子量が減少しないことを実証した。(2)はiBNCT加速器が治療に必要な平均電流1.4mAで2時間の連続安定運転を繰り返し達成できるようになったことを示した論文。この結果は2019年3月のiBNCT Peer-reviewで報告され、委員会から加速器は目標に達したと評価された。(3)は加速空洞トリップ後のRF再開時間を、新たに開発した動的に水温和RF周波数を追従させる方式を用いることで、30分から1分未満にまで劇的に短縮する方法を詳説した論文である。この成果は、論文発表前にKEKを通じて特許を取得している。 【社会、経済、文化的意義】 本研究は、筑波大学、茨城県、日本原子力研究開発機構、三菱重工株式会社等との産学官連携チームで推進している社会的な広がりを持つプロジェクトである。非侵襲的で患者の負担が少なく、かつ、生活の質(QOL)の高い放射線治療法であるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)を、薬事法による承認が困難な原子炉ではなく小型陽子加速器で生成する中性子によって実施可能とする画期的な技術を開発し、日本の放射線医療の新展開に貢献することを目指している。		(1) 栗原俊一 (2) 杉村高志, 池上清, 帯名崇, 久保田親, 栗原俊一, 小林仁, 佐藤将春, 柴田崇統, 高木昭, 高崎栄一, 内藤富士雄, 南茂今朝雄, 方志高, 福井祐治, 福田将史, 二ツ川健太, 本田洋介, 三浦太一, 宮島司, 熊田博明, 田中進, 名倉信明, 松本孔貴, 大場俊幸, 小林武堀利彦, 矢部伸彦, 山口晃典, 櫻山久志, 豊島寿一, 吉沢寿夫, 長谷川和男 (3) Z. Fang, K. Futatsukawa, Y. Fukui, M. Sato, T. Sugimura, F. Naito, T. Ohina, Y. Honda, F. Qiu, S. Michizono, S. Anami, H. Kobayashi, T. Kurihara, T. Mivajima, T. Ohba, N. Nagura	Target challenge for High power compact accelerator based neutron source; as status of the iBNCT: the heat issue and blistering iBNCT 加速器の現状報告 2019 Novel auto-startup technology for two cavities of a medical accelerator with one RF source	先端中性子源国際ワークショップ(第18回核融合炉材料国際会議(ICFRM18))サテライト Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	pp. 126-131 pp. 3478-3481 pp. 1210-1214 pp. 193-201	2017 2019 2019	10.18429/JACoW-IPAC2019-THPMP013	

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	学術的意義	社会、経済、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等) 【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物 【最大3つまで】					
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等
13	80040	量子ビーム科学関連	cERLにおけるRI製造に関する研究  本研究では、核医学薬の原材料となる放射線同位元素、モリブデン99(現在、海外の原子炉生成物の輸入に全面依存している)の国内製造と長期安定供給を目指す基礎実験を実施した。超伝導加速器cERLに試験製造ラインを新設し、そこで生成した放射性同位元素から共同研究者と共に薬剤原料の抽出に成功することで、商用製造施設の実現可能性に関する活路を開いた。	SS	SS	【学術的意義】 (1)はRI製造ビームラインの建設及び試験運転結果をまとめた文献であり、(2)では初回のRI製造試験の結果の速報であり、(3)は今回の製造実験の中核となる標的技術に関する論文である。超伝導電子加速器では重粒子線に比べて精密かつ高精度の実験が実施できたが、それを可能にした標的技術に関しては現在、特許取得の準備を進めている。  【社会、経済、文化的意義】 本研究は外部資金による委託研究であり、共同研究者である民間企業との共同成果である。KEK、委託元の民間企業ともプレスリリースを発行し、核医学製薬界の反響は大きかった。実際に抽出実験成功後からは核医学製薬大手企業が共同研究者として研究に参加している。			(1) Yu Morikawa, 他 New Industrial Application Beamline for the cERL in KEK Proceedings of IPAC2019 pp. 3475-3477 2019 10.18429/JACoW-IPAC2019-THPMP012	(2) 森川 祐, 他 cERLにおけるRI製造、電子線照射ラインの建設と照射試験報告 Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 312-316 2019	(3) 森川 祐, 他 cERL電子線照射部における標的冷却システムの開発 Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 321-325 2019			
									(1) 王旭東, 山岡広, 有本靖, 川井正徳, 近藤良也, 宗占国, 土屋清澄, 大内徳人 SuperKEKBビーム最終集束用超伝導電磁石システム一超伝導ソレノイドのクエンチ保護とソレノイド磁場評価一 Proceedings of 15h Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 1005-1009 2018	(2) T. Ishibashi, Y. Suetsugu, S. Terui Low Impedance Movable Collimators for SuperKEKB Proceedings of IPAC2017 pp. 2929-2932 2017	(3) 照井真司, 石橋拓弥, 末次祐介, 渡邊謙 SuperKEKBメインリングのバリメータヘッドの開発 Proceedings of the 15th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 1172-1176 2018			
									(1) Yosuke Honda, Miho Shimada, Alexander Aryshev, Ryukou Kato, Tsukasa Miyajima, Takashi Ohina, Ryota Takai, Takashi Uchiyama, and Naoto Yamamoto Stimulated Excitation of an Optical Cavity by a Multibunch Electron Beam via Coherent-Diffraction-Radiation Process Physical Review Letters Volume 121, Issue 18 Article number 184801 2018 10.1103/PhysRevLett.121.184801	(2) Yosuke Honda, Miho Shimada, Alexander Aryshev, Ryukou Kato, Tsukasa Miyajima, Takashi Ohina, Ryota Takai, Takashi Uchiyama, and Naoto Yamamoto High-efficiency broadband THz emission via diffraction-radiation cavity Physical Review Accelerators and Beams Volume 22, Issue 4 Article number 040703 2019 10.1103/PhysRevAccelBeams.22.040703	(3) 本田洋介 共振器型回折放射による広帯域テラヘルツ自由電子レーザー 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 15-21 2019			
15	80040	量子ビーム科学関連	共振器型回折放射による広帯域テラヘルツ自由電子レーザーの開発研究  本研究では、テラヘルツ帯域のコヒーレント回折放射を誘導放射させる原理を検証した。穴あきミラーで構成した共振器に、cERLの低エミッタンスで短パルスの高線り返しビームを通過させ、パルスの広帯域の放射が位相を合わせて発生することで、ビームエネルギーからテラヘルツ放射へのエネルギー転換が効率的になされることを実験的に示した。	S		(1)は、cERLに設置した1.3GHzのビーム線返しに同期した光共振器から、コヒーレント回折放射に起因すると考えられる広帯域の誘導放射を示す鋭い共鳴構造を世界で初めて観測した論文である。 (2)は、(1)以降の研究をまとめた論文で、誘導放射プロセスによる電子ビームエネルギーから電磁放射へのエネルギー変換が効率的になされることを実証した。 (3)は日本加速器学会誌への寄稿で、学会誌当該の表紙としても取り上げられた。最新の超伝導線形加速器の優れたビーム特性と、広帯域の同時発振を可能にする共振器設計を利用したシステムとして大強度テラヘルツ光源に応用できる可能性をもつ本研究に対する注目の高さがうかがわれる。さらに、本研究は第15回日本加速器学会年會において、通常は大型プロジェクトの報告で独占される初日の合同セッション4講演のうちの一つに選ばれ、国内においても極めて高く評価されている。			(1) Y. Yamamoto, et al SUCCESSFUL BEAM COMMISSIONING OF STF-2 ACCELERATOR FOR ILC Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 187-192 2019	(2) K. Umemori, et al STUDY ON NITROGEN INFUSION USING KEK NEW FURNACE Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 95-98 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-MOP027	(3) T. Dohmae, et al INVESTIGATION ON 1, 3 AND 9-CELL SRF ELLIPTICAL CAVITIES MADE OF LARGE GRAIN NIOBIUM Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 1215-1217 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-FRCAA6			
									(1) Y. Yamamoto, et al SUCCESSFUL BEAM COMMISSIONING OF STF-2 ACCELERATOR FOR ILC Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 187-192 2019	(2) K. Umemori, et al STUDY ON NITROGEN INFUSION USING KEK NEW FURNACE Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 95-98 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-MOP027	(3) T. Dohmae, et al INVESTIGATION ON 1, 3 AND 9-CELL SRF ELLIPTICAL CAVITIES MADE OF LARGE GRAIN NIOBIUM Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 1215-1217 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-FRCAA6			
									(1) Y. Yamamoto, et al SUCCESSFUL BEAM COMMISSIONING OF STF-2 ACCELERATOR FOR ILC Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan pp. 187-192 2019	(2) K. Umemori, et al STUDY ON NITROGEN INFUSION USING KEK NEW FURNACE Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 95-98 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-MOP027	(3) T. Dohmae, et al INVESTIGATION ON 1, 3 AND 9-CELL SRF ELLIPTICAL CAVITIES MADE OF LARGE GRAIN NIOBIUM Proceedings of the 19th International Conference on RF Superconductivity (SRF2019) pp. 1215-1217 2019 10.18429/JACoW-SRF2019-FRCAA6			
16	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関連する実験	STF加速器における超伝導型線形加速器の高度化に関する研究  超伝導RF試験施設(STF)では、超伝導型での世界最高の加速勾配(平均33.1MV/m)をもつ超伝導加速空洞を複数台同時運転し、安定な電子ビーム加速(最大280MeV)を実証した。また、超伝導加速空洞の高Q値・高加速電界の達成、および、低コスト化を目指し、国際協力のもとで窒素熱処理や大結晶粒塊ニオブ材のR&Dを展開し、一連の成果を得ている。	SS		(1)は、国際リニアコライダーの基幹技術である超伝導空洞を12台内蔵したクライオモジュールでの安定なビーム運転を実証した論文である。 (2)は、高真空高温熱処理炉を用いて、熱処理中に窒素を注入することで高いQ値を達成した実験結果の論文である。 (3)は、超伝導加速空洞の製造コストの削減に寄与することが期待されるラージグレインのニオブ材を用いた超伝導加速空洞を製作し、空洞性能の評価を行った実験結果の論文で、超伝導高周波に関して最も重要な国際会議SRF2019において招待講演として口頭発表された。 STF加速器開発に関する研究は、この他にもSRF2019において招待講演として3件取り上げられ、さらに第16回日本加速器学会年會において、ビームダンプに関する開発と多層薄膜超伝導体の研究で加速器学会年會賞を受賞しており、超伝導空洞の性能向上をけん引する有意義な成果として、海外研究者から高く評価されている。			(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			
									(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			
									(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			
17	80040	量子ビーム科学関連	歪み補償型超格子偏極電子源の研究  本研究は、素粒子実験及び、偏極電子顕微鏡を用いた表面磁区構造の測定やスピントロニクス研究等電子のスピンを用いた研究で重要なGaAs超格子構造陰極によるスピン偏極電子源において、歪みの蓄積を抑制する新たな結晶成長技術を開発し、高い偏極度の保持と量子効率の向上の両立に成功したものである。	S		(1)は単に超格子層数を増やすのではなく、歪みが蓄積され、結晶品質が悪化しないよう、歪みの方向を層ごとに交互にすることで局所的な歪みを維持したまま、歪みの蓄積を抑制する方法によって結晶成長させたGaAs/GaAsPの量子効率測定に関する論文である。本研究は、「金氏の研究成果はスピン偏極電子ビームを用いる加速器、電子顕微鏡の性能向上をもたらすものであり、素粒子原子核から物質材料まで、幅広い研究分野の更なる発展に貢献すると期待される。」として、日本加速器学会第14回学会賞を受賞した(2)。			(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			
									(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			
									(1) Xiguang Jin, Shunsuke Ohki, Tomoki Ishikawa, Atsushi Tackeuchi, and Yosuke Honda Analysis of quantum efficiency improvement in spin-polarized photocathode Journal of Applied Physics Volume 120, Issue 16 Article number 164501 2016 10.1063/1.4965723	(2) 金 秀光 歪み補償超格子型スピン偏極電子源の研究 日本加速器学会誌「加速器」 Volume 16, Number 1 pp. 22-27 2019	(3)			

# 研究業績説明書

法人番号	89	法人名	高エネルギー加速器研究機構	学部・研究科等番号	4	学部・研究科等名	共通基盤研究施設	専任教員数	39 [人]	提出できる研究業績数の上限	8 [件]
------	----	-----	---------------	-----------	---	----------	----------	-------	--------	---------------	-------

## 1. 学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準【400字以内】

「本機構の研究形態の中心は、大型の加速器を用いた実験研究である。高エネルギー加速器や実験装置が大型かつ複雑であることから、様々な周辺技術を必要とする。その主なものとして「放射線自身の研究とその防護」、「高速計算機を用いたデータ処理、ネットワーク技術」、「超伝導技術」、「精密機械工学技術」があげられる。これらの多くは、本機構の技術的動向に密着した技術開発が必要であり、かつ採算にとられない基礎技術の研究も必要とされる。したがって、評価及び成果物の選定にあたっては、機構全体の研究目的にどれだけ貢献できているかが主な判断基準の中心になる。

## 2. 選定した研究業績

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的、経済的、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・会合等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)	
1	80040	量子ビーム科学関連	LHC高輝度化アップグレード用大口径ビーム分離用超伝導2極磁石の開発  LHC高輝度化アップグレードに必須となる大口径ビーム分離用超伝導2極磁石の開発を行い、モデル磁石3台を製作し実機製作に向けて設計を確立させた。この実績が評価され2018年7月にKEKのLHCへの貢献が正式に欧州原子核研究機関(CERN)との間で合意された。	S	S	【学術的意義】 CERNにあるLHCは、2008年から稼働し2013年にはHiggs粒子を発見しノーベル賞へと繋がっている。LHCにはKEKも衝突点用超伝導加速器磁石という重要なコンポーネントを開発して貢献している。現在LHCはダークマターの発見などを目標として高輝度化アップグレードを目指しており、このビーム分離用磁石は本アップグレードには必要なコンポーネントである。本磁石はKEK超伝導低温工学センターで開発したLHC衝突点磁石やJ-PARCニュートリノビームライン用大口径超伝導加速器磁石の技術を用いて開発され、それを評価されて2018年7月にHL-LHCへの貢献が正式にCERNとの間で合意された。  【社会、経済、文化的意義】 本磁石で応用された大口径加速器超伝導磁石の設計手法は、QST放射線医学研究所の癌治療用炭素線加速器システムの超電導ガントリー(3)にも応用されており社会的、経済的な意義も大きい。	○		(1)	Michinaka Sugano, Tatsuishi Nakamoto, Shun Enomoto, Hiroshi Kawamata, Naoki Okada, Ryutaro Okada, Ken-ichi Sasaki, Toru Ogitsu, Nobuhiro Kimura, Kenichi Tanaka, Hirokatsu Ohata, Masahisa Iida, Norio Higashi, Naoto Takahashi, Siekaku Sugawara, Andrea Musso, Ezio Todesco	(Invited) Fabrication and Test Results of the First 2 m Model Magnet of Beam Separation Dipole for the HL-LHC Upgrade	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 27, Issue 4	Article number 7833957	2017	10.1109/TASC.2017.2657763
									(2)	M. Sugano, S. Enomoto, N. Higashi, M. Iida, Y. Ikemoto, H. Kawamata, N. Kimura, T. Nakamoto, T. Ogitsu, H. Ohhata, N. Okada, R. Okada, K. Sasaki, K. Suzuki, K. Tanaka, N. Takahashi, A. Musso and E. Todesco	Development of 2-m Model Magnet of the Beam Separation Dipole with New Iron Cross-Section for the High-Luminosity LHC Upgrade	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Volume 29, Issue 5	Article number 4003607	2019	10.1109/TASC.2019.2902710
									(3)	S Takayama, K Koyanagi, H Miyazaki, S Takami, T Orikasa, Y Ishii, T Kurusu, Y Iwata, K Noda, T Obana, K Suzuki, T Ogitsu and N Anemiya	Design and Test Results of Superconducting Magnet for Heavy-Ion Rotating Gantry	Journal of Physics: Conference Series	Volume 871, Issue 1	Article number 012083	2017	10.1088/1742-6596/871/1/012083
2	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	KAGRA用極低温鏡懸架システムの開発  大型低温重力波望遠鏡(KAGRA)の性能の鍵を握る低温鏡懸架システムの開発及び建設を行った。KAGRAは2019年10月に完成し、2020年2月からは本格運用を開始している。	S	S	【学術的意義】 重力波望遠鏡は米国で既に稼働しており、重力波の発見によりノーベル賞を受賞しているが、KAGRAの完成によって欧米で既に建設されたものとともに世界的な観測網が構築できるようになり、その学術的文化的意義は非常に大きい。またKAGRAで採用された低温鏡システムは大型の重力波望遠鏡には初めて採用された技術で感度を大幅に向上させることから、欧米の重力波望遠鏡においてもアップグレードに向けて採用が真剣に検討されている重要な技術でその学術的意義は大きい。この業績はNature (D.Castelvecchi, doi: 10.1038/d41586-018-07867-2)の記事でも紹介されている。また(1)は関連分野における被引用回数上位2.5%、(2)は3.2%、(3)は1.8%に含まれ、高い注目と評価を得ている。  【社会、経済、文化的意義】 ここで開発された超低振動低温技術は脳磁計などにも採用されており、社会的経済的意義も大きい。KAGRAは2020年2月25日に観測を開始しており、KEK、東京大学、国立天文台によりプレスリリースにて発表するとともに、新聞報道などでも紹介された(朝日新聞、読売新聞、産経新聞、東京新聞、日刊工業新聞)。	○		(1)	R Kumar, D Chen, A Hagiwara, T Kajita, T Miyamoto, T Suzuki, Y Sakakibara, H Tanaka, K Yamamoto, and T Tomaru	Status of the cryogenic payload system for the KAGRA detector	Journal of Physics: Conference Series	Volume 716, Issue 1	Article number 012017	2016	10.1088/1742-6596/716/1/012017
									(2)	N. Kimura, T. Suzuki, T. Tomaru, et. Al.	KAGRA: 2.5 generation interferometric gravitational wave detector	Nature Astronomy	Volume 3, Issue 1	pp. 35-40	2019	10.1038/s41550-018-0658-y
									(3)	N. Kimura, T. Suzuki, T. Tomaru, et. Al.	Construction of KAGRA: an underground gravitational-wave observatory	Progress of Theoretical and Experimental Physics	Volume 2018, Issue 1	Article number 013F01	2018	10.1093/ptep/ptx180

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会的、経済的、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】							
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)	
3	63020	放射線影響関連	放射線輸送計算コードPHITSの開発・維持 加速器の遮蔽計算や放射線検出器の感度の計算、放射線防護の評価などに必要な放射線輸送計算コードの開発・維持を行った。計算コードの講習会、ユーザー対応、バグ修正、バージョンアップなどを行ったものである。	S	SS	【学術的意義】 世界5大汎用放射線コードの1つとして知られるPHITSコードの最新の論文である。KEK総研大事業として6年前からマレーシアでPHITS講習会を行ってきたが、その周辺国での講習会開催へと展開し、近年はアジア諸国でも普及が広がっている。論文(2)は関連分野の被引用数上位0.01%に含まれるほど引用されている。  【社会、経済、文化的意義】 2019年に放射線科学センター、計算科学センターが合同で行ったEGS/Geant4/PHITS合同の医学放射線シミュレーション研究会は、医学物理士認定機構から認定研修課程、講習会として3単位が認定され、多くの医療関係者の参加があった。	○		(1)	Tatsuhiko Sato, Koji Niita, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Norihiro Matsuda, Keisuke Okumura, Tetsuya Kai, Hiroshi Iwase and Lembit Sihver	Recent Improvements of Particle and Heavy Ion Transport code System: PHITS	EPJ Web of Conferences	Volume 153	Article number 06008	2017	10.1051/epjconf/201715306008
									(2)	Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Pi-En Tsai, Norihiro Matsuda, Hiroshi Iwase, Nobuhirō Shigyo, Lembit Sihver & Koji Niita show less	Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02	Journal of Nuclear Science and Technology	Volume 55, Issue 6	pp. 684-690	2018	10.1080/00223131.2017.1419890
									(3)							
4	15020	素粒子、原子核、宇宙線および宇宙物理に関する実験	放射線輸送計算コードGEANT4の開発と高度化 放射線が物質中で起こす複雑な振舞や反応を正確にシミュレートする大規模ソフトウェアを開発・維持してきた。高エネルギー物理学(HEP)や宇宙線、原子核実験等で物理成果を導くために不可欠なツールとして、加速器遮蔽計算、防護の評価に活用されるだけでなく放射線医学治療、トモグラフィ、宇宙工学など学際分野で利用されている。	SS	SS	【学術的意義】 Geant4は物質中における粒子の飛跡をシミュレーションするためのソフトウェアであり、欧州合同原子核研究機構(CERN)と国際共同研究により開発してきた。高エネルギー素粒子・原子核実験における検出器のシミュレーションとして広く利用されており、この分野の実験研究には不可欠なソフトウェアである。Belle実験、T2K実験でももちろん利用されている。論文(1)は、Geant4の第3論文であり被引用論文数が465で、関連分野での被引用回数は上位0.06%に含まれるほど利用されている。  【社会、経済、文化的意義】 放射線医療にも応用が期待されており、論文(2)は関連分野での被引用回数が上位5%に含まれる。2019年に放射線科学センター、計算科学センターが合同で行ったEGS/Geant4/PHITS合同の医学放射線シミュレーション研究会は、医学物理士認定機構から認定研修課程、講習会として3単位が認定され、多くの医療関係者の参加があった。	○		(1)	Geant4 collaboration, K. Amako, T. Sasaki, K. Murakami, et al.	Recent developments in Geant4	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	Volume 835	pp. 186-225	2016	10.1016/j.nima.2016.06.125
									(2)	Sakata, Dousatsu; Kyriakou, Ioanna; Okada, Shogo; Tran, Hoang N.; Lampe, Nathanael; Sasaki Takashi, et al.	Geant4-DNA track-structure simulations for gold nanoparticles: The importance of electron discrete models in nanometer volumes	Medical Physics	Volume 45, Issue 5	pp. 2230-2242	2018	10.1002/mp.12827
									(3)							
5	63020	放射線影響関連	加速器放射線管理高度化のための放射化の研究 産業界も含め、世界的に加速器利用が進んでおり、その廃止措置が大きな問題となりつつある。本研究では、国内の10か所以上の加速器において放射化を測定し、加速器の種類別の放射化をあきらかにするとともに、放射化の程度を短時間かつ高精度で測定する方法を開発したものである。	SS		(1)(2)については、原子力規制庁の放射線安全規制研究戦略的推進事業において採択・実施された研究である。加速器施設の廃止措置において放射化物の評価・測定法は、労力やコストに係わる重要課題であり、新しい簡易的な放射化測定法の確立のみならず、日本全国の各種加速器施設に対する放射化/非放射化の領域分けも行い、廃止措置の事前計画に役立つ情報が得られた。本成果は、規制側、事業所側の双方にとって加速器施設廃止の際の評価手順の合理化に貢献することになる。得られた研究成果は価値があると評価され、継続的に事業受託されている。 (3)については、これまで不明であった大型陽子加速器施設J-PARCの空気の放射化の測定を実験的に行ったものである。本成果は、J-PARCの空気の放射線管理に役立つとともに、将来の新しい大型陽子加速器設計に有用な情報となる。	○		(1)	松村宏ら	「加速器廃止措置に関する研究(1)ー放射線安全規制研究ー」	招待講演、第56回アイントーブ・放射線研究発表会			2019	
									(2)	松村宏ら	「加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価の手法の確立」	平成30年度放射線安全規制研究戦略的推進事業成果報告書			2019	
									(3)	T. Oyama et al.	Thermal neutron profile inside J-PARC main ring tunnel	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	Volume 937	pp. 98-106	2019	10.1016/j.nima.2019.05.030

業績番号	小区分番号	小区分名	研究テーマ及び要旨【200字以内】	学術的意義	社会、経済、文化的意義	判断根拠(第三者による評価結果や客観的指標等)【400字以内。ただし、「学術的意義」及び「社会、経済、文化的意義」の双方の意義を有する場合は、800字以内】	重複して選定した研究業績番号	共同利用等	代表的な研究成果・成果物【最大3つまで】						
									著者・発表者等	タイトル・表題等	発表雑誌・出版社・学会等	巻・号	頁	発行・発表年等	掲載論文のDOI(付与されている場合)
6	24010	航空宇宙工学関連	リアルタイム宇宙線量計の開発 宇宙空間での放射線管理で重要な多種多様な放射線の線量をリアルタイムで測定可能な線量計を開発し、国際宇宙ステーション(ISS)で約1年間にわたり測定実験を行った。宇宙線線量の測定は、将来の火星等の有人探査において必須の技術とされており、LET測定に基づく本技術は、あらゆる放射線を対象とし、従来の線量測定システムを凌駕する可能性を持つ。その開発の意義は極めて大きい。	S	S	宇宙機内滞在や将来計画としての月や火星への有人探査に不可欠な高精度かつリアルタイム線量計を開発し、実際に国際宇宙ステーション内において動作実証試験を行い、その有効性を実証した。具体的には2016年11月にJAXAによる開発完了審査においてISSにおける軌道上実験の意義及び目的が妥当であるとの評価を受け、同12月にJAXAによる運用移行確認審査において軌道上実験運用に移行して良いとの判定を受けた。これらの判定を受けて、ISSへの打ち上げ及び軌道上実験の実施が正式に認可され、同12月9日に種子島宇宙センターよりHTV輸送機にてISSへの打ち上げが行われた。同12月14日にISSきぼうモジュールへの設置がなされた後に実験を開始し、2018年3月末の運用終了をもって実験を完了した。その後、2018年8月にJAXAで開催された定常運用終了確認審査において、本実験がフルサクセスクライテリア(全目標達成基準)を達成したと判断された。	○		(1) Y. Kishimoto, S. Sasaki, K. Saito, K. Takahashi et. al.	The Initial Results of Experiment on board the International Space Station using Position Sensitive Tissue-Equivalent Proportional Chamber "PS-TEPC"	2017 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conferenc			2017	
									(2) Y. Kishimoto, S. Sasaki, K. Saito, K. Takahashi et. al.	Experiment on board the International Space Station using Position Sensitive Tissue-Equivalent Proportional Chamber "PS-TEPC"	International Symposium on Radiation Detectors and Their Uses			2018	
									(3) Y. Kishimoto, S. Sasaki, K. Takahashi	Detector performance of the position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber for space dosimetry onboard the international space station	Japanese Journal of Applied Physics	Volume 59, Issue 1	Article number 016003	2020	10.7567/1347-4065/ab5de2
7	20010	機械力学およびメカトロニクス関連	放射光施設における試料交換ロボットの開発 放射光施設におけるタンパク質構造解析やX線吸収微細構造実験等を効率良く行うために、タンパク質や金属箔等の大量の試料を遠隔または自動で交換できるロボットを開発・運用し、試料交換時間を大きく短縮するとともに完全自動実験を実現した。関連して試料を準備するためのロボットやRFIDタグを用いた大量の試料の管理を行う技術開発も行った。	S	S	【学術的意義】 (1)はタンパク質結晶構造解析における試料交換ロボットに関する論文、(2)はX線吸収微細構造実験における試料交換ロボットに関する論文、(3)はRFIDタグを用いた試料の管理に関する論文である。これらに関連して、カナダ放射光施設ユーザーミーティング、PF研究会、東経連ビジネスセンター等で自動化に関する招待講演を行った。 【社会、経済、文化的意義】 これらの成果は、放射光施設を利用した実験、測定の効率化に大きな寄与をした。特にタンパク質結晶の構造解析における低温測定の効率化は、創薬等ライフサイエンス研究の進展に寄与した。試料準備ロボットの開発に関しては、八ヶ岳ジャーナル(2017年4月1日)、山梨日日新聞(2017年4月1日)に取り上げられた。	○		(1) Masahiko Hiraki, Naohiro Matsugaki, Yusuke Yamada and Toshiya Senda	Development of Sample Exchange Robot PAM-HC for Beamline BL-1A at the Photon Factory	AIP Conference Proceedings	Volume 1741	Article number 030029	2016	10.1063/1.4952852
									(2) Masahiko Hiraki, Yasuhiro Niwa, Kei Takahashi, Masashi Yamanaka and Masao Kimura	Sample Exchange Robot under an Oxygen-Free Atmosphere for DXAFS Experiments	AIP Conference Proceedings	Volume 2054	Article number 060073	2019	10.1063/1.5084704
									(3) Masahiko Hiraki, Naohiro Matsugaki, Yusuke Yamada, Masahide Hikita, Masashi Yamanaka and Toshiya Senda	RFID Tag System for Sample Tracking at Structural Biology Beamlines	AIP Conference Proceedings	Volume 2054	Article number 060074	2019	10.1063/1.5084705
8	80040	量子ビーム科学関連	ミュオン( $\mu$ 粒子)異常磁気能率( $g-2$ )測定への貢献 ミュオン $g-2$ は、実験値と理論値に有意な差があると、素粒子物理学の標準理論を越えた新しい物理があるとされ世界中で実験、理論研究が展開されている。(1)理論計算として、過去にない精密な計算(2千個を超える2loop diagramをすべて数値計算し、弱い相互作用寄与分を計算)(2)J-PARC $g-2$ /EDM実験の核となる $g-2$ /EDM測定用のミュオン蓄積用ソレノイドの開発(3)同実験の実験を支える測定器技術開発を行った。	S	S	【学術的意義】 素核研で計画されている学術的に意義の大きい $g-2$ 測定を共通基盤研究施設として支援した。 (1)計算科学センターでは、開発したファイマンダイアグラム自動生成プログラムGRACEと積分計算の高速化技術駆使した計算を行いミュオン $g-2$ の電弱パートの値として最も精密な計算としてParticle Data Groupの2019年版reviewで引用されている。(http://pdg.lbl.gov/2019/reviews/rpp2019-rev-g-2-muon-anom-mag-moment.pdfの(57.8)式) (2)超伝導低温工学センターでは、超伝導磁石技術駆使した $g-2$ /EDM測定用のミュオン蓄積用ソレノイドを開発し、またこの技術を産学公の共同研究によって医療用MRI技術の高度化にも発展させた。 (3)機械工学センターでは、陽電子飛跡検出器におけるセンサーの3次元高精度配置のための構造設計を行った。センサー固定のための接着剤の選定や精密位置決め機構の開発を行い、検出器の実機製作に道を開いた。 【社会、経済、文化的意義】 (2)について0.33m半径の領域で3T、0.1ppmの高精度磁場を実現できる超伝導磁石設計技術を確認し、物理実験だけでなく医療用MRI技術の進歩にも貢献した。	○		(1) Tadashi Ishikawa, Nobuya Nakazawa, and Yoshiaki Yasui	Numerical calculation of the full two-loop electroweak corrections to muon ( $g-2$ )	Physical Review D	Volume 99, Issue 7	Article number 073004	2019	10.1103/PhysRevD.99.073004
									(2) Abe, M.; Murata, Y.; Iinuma, H.; Oritsu, T.; Saito, N.	Magnetic design and method of a superconducting magnet for muon $g-2$ /EDM precise measurements in a cylindrical volume with homogeneous magnetic field	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	Volume 890	pp. 51-63	2018	10.1016/j.nima.2018.01.026
									(3) T. Kume, N. Sato, T. Takatomi, et. al.	Development of Silicon Strip Detector for J-PARC muon $g-2$ /EDM Experiment	Proceedings of Science	Volume 340	PoS(ICHEP2018)541	2019	10.22323/1.340.0541