

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	01	学部・研究科等名	素粒子原子核研究所
------	----	-----	---------------	-----------	----	----------	-----------

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・原子核物理学の実験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選定することで成果が選択された。また、本研究は、機構が保有する加速器システムだけでなく、海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	細目番号	細目名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	代表的な研究成果 【最大3つまで】							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
				a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)					
				著者・発表者等	タイトル	発表雑誌・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	4901	素粒子・ 原子核・ 宇宙線・ 宇宙物 理	ニュートリノ振動における、ミュー型から電子型 への変換の探索 素粒子の一つであるニュートリノには3つの型 (電子型、ミュー型、タウ型)があり、それらは ニュートリノ振動と呼ばれる現象を通してお互い に移り変わる。ニュートリノ振動が起こることそれ 自体が、ニュートリノが0でない質量をもつことの 証しであり極めて重要な発見であるが、この研 究では特にミュー型から電子型への振動を通し て、このニュートリノ振動のパラメータを観測し、 レプトン(軽粒子)の混合行列を決定し、レプトン におけるCP非保存の探索を進める。	(1)	K. Abe, T.Kobayashi他410 名(T2K実験グ ループ)	Indication of Electron Neutrino Appearance from an Accelerator- Produced Off-Axis Muon Neutrino Beam	Physical Review Letters	107	pp.(041801-1)- (041801-8)	2011	10.1103/PhysRevLett.107.041801	SS	ミュー型ニュートリノが、電子型ニュートリノに変化するニュートリノ振動が起きる 確率は小さく、関係するニュートリノ混合行列のパラメータ θ_{13} は、実験値が得ら れていなかったが、論文(1)で世界に先駆けて θ_{13} がゼロではない有限な値をも つ兆候を捉え、それまでの実験の上限値に近い比較的大きな値である可能性を 示唆した。このニュートリノ振動モードは、CP対称性の破れを含む可能性があり、 将来ニュートリノにおけるCP対称性を探索する展望を与えた。その後、論文(2)で さらに有意性の高い結果を発表し、論文(3)で決定付けた。この結果は、英国物 理学会(Institute of Physics)が発行する著名なPhysics World誌において、「2011 年の物理学における10大成果」の一つに選ばれた(論文(1))。これらの成果は 2016年5月現在、既に有名論文誌などに3論文あわせて約1,600回引用されてい る。		○
				(2)	K. Abe, T.Kobayashi他計 約350名(T2K実験 グループ)	Evidence of electron neutrino appearance in a muon neutrino beam	Physical Review D	88	pp.(032002-1)- (032002-41)	2013	10.1103/PhysRevD.88.032002				
				(3)	K. Abe, T.Kobayashi他計 約350名(T2K実験 グループ)	Observation of Electron Neutrino Appearance in a Muon Neutrino Beam	Physical Review Letters.	112	pp.(061802-1)- (061802-8)	2014	10.1103/PhysRevLett.112.061802				
2	4901	素粒子・ 原子核・ 宇宙線・ 宇宙物 理	クォーク4個を含む粒子の研究(bottom quarkの 場合) 素粒子物理学の標準理論では「強い相互作用」をする粒子は、クォークと呼ばれるより小さな 粒子が二つあるいは三つ結合してできていると されていた。しかし、クォークが4つ含まれる可 能生が高い粒子が発見され、その精密な実験 が計画された。Belle実験で収集した $\Upsilon(5S)$ 共鳴 粒子のデータを解析し、bクォークと反bクォーク を含む荷電共鳴粒子を発見した。これは、明ら かにクォーク4個を含むエキゾチック粒子であり、 さらに中性パートナー粒子も発見した。	(1)	A. Bondar, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グ ループ)	Observation of two charged bottomonium-like resonances in $\Upsilon(5S)$ decays	Physical Review Letters	108	pp.(122001-1)- (122001-6)	2012	10.1103/PhysRevLett.108.122001	SS	従来、素粒子物理学界で知られていたハドロン(強い相互作用をする粒子)は、 クォーク2個または3個から成り立っていた。ところが、Belle実験では2003年に X(3872)と名付けられたチャームクォークを含む4個以上のクォークから成るそれま での常識を破る粒子を発見した。今回は、チャームよりもさらに重いボトムクォーク を含む新しいタイプのハドロンを発見したものである(論文(1)~(3))。この発見は、 粒子の成り立ちの謎を解明するうえで重要な発見であり、ボトムを含む4クォーク 粒子の新たな流域を拓くものである。これらの結果は、この分野で最も権威のある 論文誌 Physical Review Letters誌やPhysical Review D誌に掲載され、2015年度 終わりまでの引用数は3論文で約500に達し、Web of Science上で「高引用文献」 と格付けられた。また、論文(1)は、毎日新聞、読売新聞やNHK(茨城版)などにこ ろりあげられた。		○
				(2)	I.Adachi 他計約2 00名(Belle 実験 グループ)	First Observation of the P-Wave Spin-Singlet Bottomonium States $h_b(1P)$ and $h_b(2P)$	Physical Review Letters	108	pp.(032001-1)- (032001-6)	2012	10.1103/PhysRevLett.108.032001				
				(3)	P.Krokovny, Y.Sakai 他計約20 0名(Belle 実験グ ループ)	First observation of the $Z_b^0(10610)$ in a Dalitz analysis of $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(nS)\pi^0 \pi^0$	Physical Review D	88	pp.(092003-1)- (092003-11)	2013	10.1103/PhysRevD.88.092003				

3	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	ヒッグス粒子の探索の研究 ヒッグス粒子は、現在まで、最も信頼されている素粒子物理学の標準理論でただ一つ未発見であった。これを探索発見することは素粒子物理学界の最も重要な課題の一つであったが、これに成功した。	(1)	K.Tokushuku 他約3000名 (ATLAS Collaboration)	Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC	Physics Letters B	716	pp. 1-29	2012	10.1016/j.physletb.2012.08.020	SS		重心系エネルギー7TeVで収集した4.8/fbのデータ及び8TeVで収集した5.9/fbのデータを用いてヒッグス粒子探索を行い、質量約126GeVの新粒子を発見した(論文(1))。この事象は 5.9σ の有意性でヒッグス粒子の生成・崩壊と無矛盾であった。ヒッグス粒子は標準模型で唯一未発見の粒子であり、かつ、電弱対称性の破れを説明するための要であることから、その予言から50年近くも探索が行われてきた。そのヒッグス粒子らしき新粒子を発見した学術的意義は極めて大きく、後に発表される論文(2),(3)と合わせて、2013年ノーベル物理学賞をアンダレー、ヒッグス両氏が受賞するきっかけとなった。この結果は、世界中でテレビや新聞などのマスコミに大きく取り上げられ、一般向け講演会なども多数開催された。2016年2月現在で、論文(1)の引用数は5,539で、現在も増え続けている。KEKは、実験の立案、測定器の建設・運転そして物理解析と多岐にわたりこの発見に貢献した。
				(2)	K.Tokushuku 他約3000名 (ATLAS Collaboration)	Evidence for the spin-0 nature of the Higgs boson using ATLAS data	Physics Letters B	726	pp. 120-144	2013	10.1016/j.physletb.2013.08.026			
				(3)	K.Tokushuku 他約3000名 (ATLAS Collaboration)	Measurements of Higgs boson production and couplings in diboson final states with the ATLAS detector at the LHC	Physics Letters B	726	pp.88-119	2013	10.1016/j.physletb.2013.08.010			
4	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	ヒッグス場の起源に関する新たな理論的提案 LHC実験でのヒッグス粒子の発見は、ヒッグス場の階層性問題と真空の安定性問題という二つの重要な問題を提起した。本論文では、プランクエネルギースケールで平坦なポテンシャルから輻射補正で対称性が破れる機構を使うと、これらの問題が相互に関連しつつ解決可能なことを示し、標準模型を越える一つの新しい可能性を提案した。	(1)	Satoshi Iso, Yuta Orikasa	TeV Scale B-L model with a flat Higgs potential at the Planck scale - in view of the hierarchy problem -	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp.(023B08-1)-(023B08-14)	2013	10.1093/ptep/pts099	SS		2012年のヒッグス粒子発見の真の意義は、標準模型から量子重力へとつながる枠組みへの示唆にある。Higgs粒子発見以前は、「超対称模型」と「余剰次元模型」が主流模型として知られていたが、LHC実験は、両者に対する厳しい実験的制限を与えた。そこで、他の可能性として現れたのが「古典的共形不変模型」であり、その端緒となったのが、本論文(及び同じ著者による2009年の論文)である。論文(1)は3年で100件近く引用されている。また、国際会議、「Annual theory meeting of NCTS”(台湾)、New Physics at LHC (Singapore)、Conference on Particles and Cosmology(香港)等での招待講演を含む数多くの大学での講演に招待された。また、World Scientific 社の雑誌 Modern Physics Letters から招待レビュー論文の執筆依頼も受け現在執筆中である。
				(2)										
				(3)										
5	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	宇宙マイクロ波背景放射のBモード偏光の測定 POLARBEAR実験グループが、宇宙マイクロ波背景放射のBモード偏光の高感度観測を実施し、数分角程度の分解能の領域で、4点相関と2点相関を合わせて、4.7シグマの有意度で信号を検出した。	(1)	P.A.R. Ade, M.Hazuni 他計74名 (POLARBEAR 実験グループ)	A Measurement of the Cosmic Microwave Background B-Mode Polarization Power Spectrum at Sub-Degree Scales with POLARBEAR	Astrophysical Journal	794	pp.(171-1)-(171-21)	2014	10.1088/0004-637X/794/2/171	SS		CMB偏光のみを用いた世界で初めての重力レンズBモード検出となった。今回の観測は、今後のより感度の高い測定によるニュートリノ質量和の精密測定への道を開いた。今後、素粒子論と宇宙論の両方にまたがる成果が期待される。KEKにてプレスリリースを行った。本論文は、これまでに114回引用されている。
				(2)										
				(3)										
6	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	スーパーコンピューターを用いた、宇宙の起源などの物理現象のシミュレーションを用いて行う研究 超弦理論は、アインシュタインの一般相対性理論を素粒子レベルまで拡張する究極の理論として研究されてきたが、相互作用が強い状況での計算が難しく、これまで現実世界との関わりが明らかでなかった。これらの論文では、行列を用いた新しい定式化に基づき、超弦理論の数値シミュレーションが世界で初めて行われた。これにより、宇宙の始まりやブラックホールの内部構造を解明する上で重要な手がかりが得られた。	(1)	S.-W. Kim, J. Nishimura, A. Tsuchiya	Expanding (3+1)-dimensional Universe from a Lorentzian matrix model for superstring theory in (9+1) dimension	Physical Review Letters	108	pp.(011601-1)-(022601-5)	2012	10.1103/PhysRevLett.108.011601	SS		論文(1)は、行列を用いた新しい定式化に基づき、超弦理論の数値シミュレーションを世界で初めて行ったものである。特に、超弦理論が予言する9次元空間から、3次元空間のみが膨張し始める、という結果が得られたことは、極めて興味深い。この成果は、当該分野で最も権威のあるPhysical Review Letters誌に掲載された。論文(2)は、日本の誇る学術雑誌Progress of Theoretical Physicsの後継誌として、2012年に創刊されたProgress of Theoretical and Experimental Physics(PTEP)の創刊特集号への招待論文として、書かれたものである。
				(2)	J. Nishimura	The origin of space-time as seen from matrix model simulations	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2012	pp.(01A101-1)-(01A101-27)	2012	10.1093/ptep/pts004			
				(3)										

7	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	ハイパー核(自然には存在しないストレンジネス量子数をもつ原子核)の荷電対称性の破れに関する実験的研究 原子核の基本的な対称性である荷電対称性(電磁相互作用の効果を除き、陽子と中性子の入れ替えに対して同じ質量を与えるなど)が、ストレンジクォークを含む Λ ハイパー核では、大きく破れていることを示した実験である。また、この破れの大きさが、スピン状態に依存することも確認し、その結果は、核力の解明に向けて大きなヒントを与えた。	(1) T. O. Yamamoto, T. Takahashi 他 I(計54名), (2) K. Hosom, T. Takahashi 他 I(計33名) (3)	Observation of Spin-Dependent Charge Symmetry Breaking in Λ N Interaction: Gamma-Ray Spectroscopy of 4Λ He Physical Review Letters 115 pp.(222501-1)-(222501-5) 2015 10.1103/PhysRevLett.115.222501	115	pp.(222501-1)-(222501-5)	2015	10.1103/PhysRevLett.115.222501	SS	長年、ハイパー核構造研究において謎であった荷電対称性の破れの検証のため、 4Λ Heハイパー核励起状態からの脱励起ガンマ線エネルギーを、これまでの手法と比べて圧倒的な分解能を持つゲルマニウム検出器を用いて測定した。鏡像ハイパー核である 4Λ Hと 4Λ Heの構造が、スピン状態によって大きく異なるという結果が得られた。この結果により、 Λ 粒子の存在によって、原子核の荷電対称性が大きく破れる現象を検証し、また、荷電対称性の破れは、 Λ -核子間のスピン状態に依存することを確認した。荷電対称性は、原子核物理の基本的な対称性であり、この結果が与えるインパクトは非常に大きい。論文(1)は、この分野で権威の高い Physical Review Letters 誌に掲載され、さらに同誌のEditor's suggestionとして紹介された。論文(2)は、今回確認された大きな荷電対称性の破れを説明するメカニズムを考察するにあたって、重要な示唆を与える関連する研究結果である。		
8	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	大強度高エネルギー陽子ビームのハンドリングについての研究 大強度ビームハンドリングに必要な不可欠な技術要素である「交換容易性を兼ね備えた超耐放射線電磁石」を自主開発し、同時に開発した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。これを用いて大強度加速器施設J-PARCの実験施設を建設し、実際に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。	(1) H. Takahashi, K.H.Tanaka 他計22名 (2) K.H. Tanaka他26名 (3) K.H. Tanaka他24名	Indirectly Cooled Radiation-Resistant Magnets for Hadron Target Station at J-PARC IEEE Transactions on Applied Superconductivity 20,3 pp.344-347 2010 10.1109/TASC.2009.2038930	20,3	pp.344-347	2010	10.1109/TASC.2009.2038930	SS	大強度ビームを利用する実験施設においては、標的並びにビームダンプなどでのビーム損失を完璧に0にすることは出来ない。そのためビームラインに用いられる電磁石などのビーム要素は、それぞれ超耐放射線性と万が一の故障時のための交換容易性を併せ持たねばならない。J-PARCハドロン実験施設のために、このような要素の技術開発を行ってきた。それらがほぼ完了し、その成果をまとめて報告したものである。これで大強度ビームラインの要素技術に関する一連の開発、報告に一区切りがついたと言える。本論文の概要は、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21回磁石技術国際会議、MT21(論文(1)、(2))並びに第22回、MT22(論文(3))において口頭発表に選ばれたことから、IEEE誌への論文投稿が強く勧められたものである。この事からも、世界的に高く評価されており、かつ関連学協会にも大きなインパクトを与えたことが客観的に判る。		
9	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	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 KEK 12GeV Proton Synchrotron で、2004~2005年に実施されたE391a実験の最終結果を本論文として出版した。中性K中間子の稀崩壊 $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ の分岐比に対して、 2.6×10^{-8} というこれまででもっとも厳しい上限値を与えた。その成果をもとに、J-PARCのハドロン実験施設で行う新しい実験のビームラインと測定器を完成させた。	(1) T.K.Komatsubara 他計69名(KEK E391aのグループ) (2) T. Masuda, T.K.Komatsubara 他計57名(J-PARC E14 KOTO 実験グループ) (3)	Experimental study of the decay $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ Physical Review D 81,7 pp.(072004-1)-(072004-23) 2010 10.1103/PhysRevD.81.072004	81,7	pp.(072004-1)-(072004-23)	2010	10.1103/PhysRevD.81.072004	SS	KEK 共同利用 E391a実験は、中性K中間子の稀な崩壊の中でCP対称性を破る崩壊形式 $K^0_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$ を研究する世界で初めての実験である。2004~2005年に、KEK陽子シンクロトロンをビームを用いてデータを分析して得た結果を総括して論文としたものであり、世界で最も低い上限値 2.6×10^{-8} を得た。素粒子物理学のデータを網羅的に整理している国際組織「Particle Data Group」は、この粒子のこの崩壊形式での最良の結果として、このデータを「Review of Particle Physics」に掲載している。また、この実験の後、KEK陽子シンクロトロンの後継加速器であるJ-PARCでのKOTO実験の手法を確立することができ、そのビームラインと測定器を完成させK中間子ビームの収量を測定した。E391a実験の結果は、素粒子物理学の世界での標準的な情報源として尊重されているReview of Particle Physicsにおいて、この崩壊モードについての最良の結果として掲載されている。		
10	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	lepton number 保存則の破れの探索研究 MEG実験による $\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊探索の最新の結果で、論文(1)では、これまでの上限値を5倍、論文(2)では論文(1)よりさらに4倍向上した結果であり、これにより新物理の可能性を今まで以上に大きく制限した。	(1) A. Janine, S.Mihara 他計約60名(MEG実験グループ) (2) J. Adam, S.Mihara 他計約60名(MEG実験グループ) (3)	New Limit on the Lepton-Flavor-Violating Decay $\mu \rightarrow e \gamma$ Physical. Review Letters 107 pp.(171801-1)-171801-5) 2011 10.1103/PhysRevLett.107.171801	107	pp.(171801-1)-171801-5)	2011	10.1103/PhysRevLett.107.171801	SS	$\mu \rightarrow e \gamma$ 崩壊は、標準模型では完全に禁止されているながらも、標準模型を超える多くのモデルによってその存在が予言されており、新物理に対する感度が高いチャンネルである。論文(1)で発表された結果は、それ以前に報告されていた上限値を5倍、2年後の論文(2)では論文(1)よりさらに4倍向上した結果であり、これにより新物理の可能性を今まで以上に大きく制限した。MEG実験は、LHC実験等の高エネルギーフロンティア実験と相補的に新物理の探索を行う実験として、世界中の注目を集めており、この論文(2)は、既に250近い論文に引用されている。KEKの研究者は、実験の設計段階から実験グループに加わり、超伝導電磁石の設計製作、液体キセノンガンマ線検出器の設計、製作、運転において多大な貢献を果たしている。		

11	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	B-ファクトリーにおける、素粒子物理学の標準理論を超える現象の探索 Belle実験により、荷電ヒッグス粒子の探索に感度の高いB-bar → D(*) tau nu-bar崩壊が発見され、さらに全データを使い改善された解析手法により、その崩壊分岐比が測定され、標準理論からのずれの兆候が見られた。また、ダークヒッグス粒子の探索もなされた。	(1)	A.Bozek, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Observation of B+ → D ⁰ -bar τ ⁺ ν _τ and Evidence for B+ → D ⁰ -bar τ ⁺ ν _τ at Belle	Physical Review D	82	pp.(072005-1)-(072005-6)	2010	10.1103/PhysRevD.82.072005	SS		B-bar → D(*) tau nu-bar崩壊は、荷電ヒッグス粒子の探索に感度の高い重要な崩壊であり、早くから注目されていた。論文(1)は、世界で初めてこの崩壊の信号を有意に観測したものである。その後、Belle及びBaBarにより標準理論による期待値より大きな値を示した。論文(2)では、Belleの全データを使いさらに改善された解析により、これまでの結果と標準理論の間の値を示した。この結果は、同時期に発表され同様の結果を得た、LHCbの測定とともにPhysics Todayなどの科学誌に世界的に取り上げられた。論文(1)は、約100回引用され、論文(2)は、発表されて半年に満たないが、既に約40回引用された。論文(3)は、前者のものほどインパクトは高くはないが、標準理論から説明できない現象の探索の意味は大きく、多くの国際会議に講演発表を依頼され関心を集めている。		
				(2)	M. Huschle, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Measurement of the branching ratio of B-bar → D(*) tau nu-bar relative to B-bar → D(*) l nu-bar decays with hadronic tagging at Belle	Physical Review D	92	pp.(072014-1)-(072014-14)	2015	10.1103/PhysRevD.92.072014					
				(3)	I.Jaegle, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Search for the dark photon and dark Higgs at Belle	Physical Review Letters	114	pp.(211801-1)-(211801-8)	2015	10.1103/PhysRevLett.114.211801					
12	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	B-Factory 実験成果のまとめ 本書は、定期刊行論文誌の番号がついているが、900ページを超える単行本である。日本のKEKB加速器とそれを使って実験を行ったBelle測定器、そして米国のPEP-II加速器とそれを使って実験を行ったBaBar測定器に関する実験及び物理解析・成果を詳しく解説した、両グループの研究者の協力による合同出版であり、この分野を目指す若手研究者や、関心をもつ研究者への教科書的な集大成である。	(1)	Y.Sakai, K. Akai 他 総著者数約2000名 (Belle and BaBar Collaborations)。その内KEK120名ほど	The Physics of B Factories	European Physics Journal C	74	3026 (この論文は通常の論文誌に掲載されていませんが、通常のページ番号のつけ方ではありません。全928ページ。)	2014	10.1140/epjc/s10052-014-3026-9	SS	S	【学術的意義】 日米の「Bファクトリー加速器」、KEKB及びPEP-IIは、粒子加速器の歴史に名を残す卓越した加速器であったが、ここにおけるBelle実験とBaBar実験は、B中間子におけるCP対称性の破れを発見し、小林・益川理論を検証することにより、小林・益川両博士に2008年ノーベル物理学賞をもたらした。他にも多大な成果を上げてきた。本書は、10年以上にわたる両実験の物理解析及び結果を詳細に記述したもので、両実験が共同で7年の歳月をかけて完成した900ページを超える大集成である。 【社会、経済、文化的意義】 本書の内容は、通常の研究論文ではなく、次世代のBファクトリー実験やフレイバー物理に携わる若手研究者にとって最良の教科書となるものである。KEKのプレスリリースやSLAC Todayで世界に向けて発信され、CERN CourierやInteractions Orgの記事にもとりあげられた。現在までに権威の高い論文誌に約40回以上論文に引用されている。	89-03-4	
				(2)												
				(3)												
13	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	B中間子系における小林・益川行列の精密測定 Belle実験で標準理論の根本的要素であるクォーク混合行列を精密に測定するため、B → π+π-崩壊のCP対称性の破れや、B → τ ν崩壊の分岐比などの測定を行った。また、BaBarと初めての共同解析を行い、精度を上げた測定を行うなどの成果を上げた。	(1)	J. Dalseno, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Measurement of the CP Violation Parameters in B0 → π [±] π [∓] Decays	Physical Review D	88	pp.(092003-1)-(092003-11)	2013	10.1103/PhysRevD.88.092003	SS		Bファクトリー実験では、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クォーク混合行列を精密に測定することが重要である。そのためには、出来るだけ多くの崩壊過程のCP対称性の破れや崩壊分岐比を精密に観測した上で、行列全体の整合性を確認しなくてはならない。Belleでは、B → π+π-崩壊のCP対称性の破れ(論文(1))やB → τ ν崩壊の分岐比(論文(2))をはじめとして、様々な崩壊の精密な測定を行い、行列要素の精密測定に大きな貢献をした。これらの成果に対して、2015年度の折戸周治賞が贈られた。また、論文(3)の解析は、BelleとBaBar実験が初めて共同で両実験のデータをい合わせて解析したものである。これによりこの崩壊のCP対称性の破れを有意な精度で測定することができ、KEKのプレスリリースとして国内外に発信された。		
				(2)	K.Hara 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Evidence for B- → τ- ν-bar with a Hadronic Tagging Method Using the Full Data Sample of Belle	Physical Review Letters	110	pp. (131801-1)-(131801-6)	2013	10.1103/PhysRevLett.110.131801					
				(3)	A. Abdesselam, Y.Sakai 他計約700名 (Belle & BaBar 実験グループ)	First Observation of CP Violation in B0 → D(*)CP h0 Decays by a Combined Time-Dependent Analysis of BaBar and Belle Data	Physical Review Letters	115	pp.(121604-1)-(121604-10)	2015	10.1103/PhysRevLett.115.121604					

14	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	チャーム・反チャームクォーク対を含むエキゾチック粒子のさらなる発見及び展開 Belle実験では、X(3872)粒子の発見以来、数多くの同種の新エキゾチック粒子の発見やエキゾチック粒子の詳細研究を続けており、X(3872)やZ(4430)+粒子の質量やスピン・パリティの決定やZ(3900)粒子の発見の成果を上げた。	(1)	S.-K.Choi, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Bounds on the width, mass difference and other properties of $X(3872) \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$ decays	Physical Review D	84	pp.(052004-1)-(052004-16)	2011	10.1103/PhysRevD.84.052004	SS		Belle実験で、2003年にX(3872)と名付けられたチャームと反チャームクォークを含む4個以上のクォークからなるエキゾチック粒子を発見して以来、多数の同種のエキゾチック粒子が発見された。第二期中期目標期間中もBelleでは、積極的に新エキゾチック粒子の探索及び性質の詳細な研究を行った。論文(1)では、X(3872)の質量・崩壊全幅の精密測定及びスピン・パリティの決定を行った。論文(2)では、2007年にBelleで発見された最初の荷電エキゾチック粒子Z(4430)+のスピン・パリティの決定を行った。Z(4430)+は、2014年にLHCbで追認され、Phys.Orgなどの科学記事に取り上げられた。論文(3)では、Z(3900)+を中国のBESIII実験と同時に発見した。Nature誌をはじめとする多くの科学雑誌に取り上げられ注目を浴びた。論文(3)は、既に約300回、他の2編の論文もそれぞれ約100回の引用がなされている。	○
				(2)	C.Chilikin, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Experimental constraints on the spin and parity of the $Z(4430)^+$	Physical Review D	88	pp.(074026-1)-(074026-12)	2013	10.1103/PhysRevD.88.074026				
				(3)	Z.Q.Liu, Y.Sakai 他計約200名 (Belle 実験グループ)	Study of $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$ and Observation of a Charged Charmonium-like State at Belle	Physical Review Letters	110	pp.(252002-1)-(252002-7)	2013	10.1103/PhysRevLett.110.252002				
15	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	ミューニュートリノ消失現象の精密測定によるニュートリノ世代間混合の理解 東海村の大強度陽子加速器J-PARCを用いて大強度ミューニュートリノビームを生成、295km離れたスーパーカミオカンデで検出、ミューニュートリノが他のニュートリノに変化して減少する現象を精密に測定、2番目と3番目の世代のニュートリノの混合度、質量の自乗差を世界最高精度で決定した。	(1)	K. Abe, T.Kobayashi 他計約350名(T2K実験グループ)	First Muon-Neutrino Disappearance Study with an Off-Axis Beam	Physical Review D	85	pp.(031103-1)-(031103-8)	2012	10.1103/PhysRevD.85.031103	SS		現在、ニュートリノの2番目と3番目の世代間混合度は、他の世代間混合に比べ最も精度が悪い。将来、ニュートリノにおけるCP対称性の破れを検出するためには、すべての混合度を精度よく測定しておく必要が有るため、論文(1)~(3)に示されているようにT2Kにより世界最高精度でこの混合を順次精度を上げて測定したことは、将来の可能性を高める上で極めて重要である。3編の論文の引用数は344回に達している。 2015年、ニュートリノ振動に関する成果に対して、梶田東京大学宇宙線研究所長がノーベル物理学賞を受賞したことに見られるように、日本のニュートリノ研究が世界をリードしている。	○
				(2)	K. Abe, T.Kobayashi 他計約350名(T2K実験グループ)	Measurement of Neutrino Oscillation Parameters from Muon Neutrino Disappearance with an Off-axis Beam	Physical Review Letters	111	pp.(211803-1)-(211803-7)	2013	10.1103/PhysRevLett.111.211803				
				(3)	K. Abe, T.Kobayashi 他計約350名(T2K実験グループ)	Precise Measurement of the Neutrino Mixing Parameter θ_{23} from Muon Neutrino Disappearance in an Off-axis Beam	Physical Review Letters	112	pp.(181801-1)-(181801-8)	2014	10.1103/PhysRevLett.112.181801				
16	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	加速器で作られたニュートリノを用いたニュートリノ振動を探索する装置の開発研究。 ニュートリノの相互作用が極めて小さいため、ニュートリノの精密研究には、巨大な測定器と大強度のニュートリノビームが必要である。大強度のニュートリノビームを高精度に制御して作り出すためには、数々の先端技術が必要であり、これらの技術について報告する。	(1)	K. Abe, T.Kobayashi 他計約522名(T2K実験グループ)	The T2K experiment	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	A659	pp.106-135	2011	10.1016/j.nima.2011.06.067	SS		論文(1)~(3)は、宇宙から飛来するニュートリノではなく、加速器で人工的に作られたニュートリノを用いて、様々な実験を行うためのシステムを記述した論文である。この実験システムを用いて、ニュートリノ振動の重要な実験が複数遂行されている。掲載された論文誌は、素粒子・原子核実験とそれに用いる加速器などの論文を掲載するジャーナルの中で、最も権威あるものの一つであり、また、論文(1)は、300回以上の引用がある。 2015年、ニュートリノ振動に関する成果に対して、梶田東京大学宇宙線研究所長がノーベル物理学賞を受賞したことに見られるように、日本のニュートリノ研究が世界をリードしている。	○
				(2)	K.Suzuki, T.Kobayashi 他34名	Measurement of the muon beam direction and muon flux for the T2K neutrino experiment	Progress of Theoretical and Experimental Physica	2015	053C01 pp.1-31	2015	10.1093/ptep/ptv054				
				(3)	T.Sekiguchi, T.Kobayashi 他36名	Development and operational experience of magnetic horn system for T2K experiment Nucl.Instrum.Meth. A789 (2015) 57-80	Nuclear Instruments and Methods in Physica Research A	A789	pp. 57-80	2015	10.1016/j.nima.2015.04.008				

21	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	K中間子原子核に関する実験研究 深く束縛されたK-pp状態は、理論的に予言されているがその束縛の深さや状態幅など、理論模型や取扱いによりその予言は大きく異なる。様々な実験的探索も行われているが、まだ、結論が出ていない。J-PARCハドロン施設では、いくつかの独立な実験が行われ、その存在を示唆する結果も出始めている。	(1) Y.Ichikawa, T.Takahashi 他 (計44名) (J-PARC E27実験グループ)	Inclusive spectrum of the $d(\pi^+, K^+)$ reaction at 1.69 GeV/c	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2014	pp.(101D03-1)-(101D03-8)	2014	10.1093/ptep/ptu128	SS	<p>$d(\pi^+, K^+)$反応は、K-pp束縛状態の生成反応として有望視されており、その有効性や背景雑音を理解するためE27実験を行った。3論文ともこの分野で最も権威のある学術誌PTEPに掲載された。論文(1)の測定結果では、「観測された重陽子標的での $\Lambda N - \Sigma N$カサブ構造や $\Lambda(1405)/\Sigma(1385)$のピークのシフトのデータは、今後の理論及び実験研究にとって貴重なデータとなり、この結果の学術的意義は大きい」との極めて高いレフリーの評価を得た。論文(2)では、2個の陽子を同時計測したデータの解析を進め「K-pp束縛状態が存在するか否かの議論をさらに進めるためにも重要なデータである」とのレフリーの評価をえた。一方、$^3\text{He}(K^-, n)$反応を用いるE15実験(論文(3))では、K-pp状態の観測はできず、その上限値を得て、「本実験及び質量欠損を用いた解析手法の有用性が明快に示された。」との評価を得た。</p>	○
				(2) Y.Ichikawa, T.Takahashi 他 (計44名) (J-PARC E27実験グループ)	Observation of the "K-pp"-like structure in the $d(\pi^+, K^+)$ reaction at 1.69 GeV/c	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2015	pp.(021D01-1)-(021D01-8)	2015	10.1093/ptep/ptv002			
				(3) T.Hashimoto, M.Sekimoto 他 (計71名) (J-PARC E15実験グループ)	Search for the deeply bound K-pp state from the semi-inclusive forward-neutron spectrum in the in-flight K-reaction on helium-3.	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2015	pp. (061D01-1)-(061D01-11)	2015	10.1093/ptep/ptv076			

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	02	学部・研究科等名	物質構造科学研究所
------	----	-----	---------------	-----------	----	----------	-----------

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研究に広く利用されている。本研究所では、加速器から得られる、放射光、中性子ビーム、 μ 粒子ビームをプローブとする物質科学及び生命科学研究の実験研究が中心的ミッションである。こうしたミッションを念頭に、大型加速器施設の能力をうまく使った研究成果を中心に目覚ましい成果として選定している。また、この大規模実験装置を広く国内外の学界に解放して組織外の研究者にも使う機会を提供している。そうした研究の中にも大きな成果と言えるものが多く、それらについても注目できるものを抽出した。

2. 選定した研究業績

業績番号	細目番号	細目名	研究テーマ及び 要旨【200字以内】	代表的な研究成果 【最大3つまで】								学術的意義	社会的、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
				a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)						
				著者・発表者等	タイトル	発表雑誌・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	4501	量子ビーム科学	高強度・高輝度低速陽電子ビームを用いた物質科学および原子分子素過程研究 専用リニアックを用いて生成した世界最高クラスの低速陽電子ビームを用いて、全反射高速陽電子回折による結晶最表面及び表面直下の構造解析(高輝度化ビーム使用)、ポジトロニウム負イオンの分光とそれを用いたエネルギー可変ポジトロニウムビームの生成(短パルスビーム使用)、およびポジトロニウム飛行時間法による表面科学(短パルスビーム使用)などの研究。	(1)	Y. Fukaya, S. Entani, S. Sakai, <u>I. Mochizuki</u> , K. Wada, T. Hvodo, S. Shamoto	Spacing between graphene and metal substrates studied with total-reflection high-energy positron	Carbon (IF = 6.196)	103	pp. 1-4	2016	10.1016/j.carbon.2016.03.006	SS	全反射陽電子回折(TRHEPD)は、陽電子を用いた表面構造解析法で、全反射で最表面だけを見ることもでき、表面下に隠れている原子を順に見ていくこともできる極めて強力でユニークな手法である(論文(1)~(3))。ここでは、世界唯一の高性能TRHEPD装置を用いて、構造が複雑な半導体表面の金属原子ナノワイヤやチタニアの未解決表面構造決定、新素材である基板上に生成したグラフェンやシリセンの基板金属との界面構造の決定を行っている。ポジトロニウム負イオンは、陽電子1個と電子2個が束縛し極めて珍しい複合粒子である。これを、アルカリ金属を蒸着したタングステンを用いて大量に生成し、パルスレーザーを照射して中性化する光脱離過程の分光(共鳴状態の確認)や、エネルギー可変ポジトロニウムビームの生成を行っている。 論文(1)~(3)は、それぞれ権威ある雑誌Carbon, Nature Communications, Physical Chemistry Chemical Physicsに掲載された。			
				(2)	K. Michishio, T. Kanai, S. Kuma, T. Azuma, <u>K. Wada</u> , <u>I. Mochizuki</u> , T. Hvodo, A. Yagishita, Y. Nagashima	Observation of a shape resonance of the positronium negative ion	Nature Communications (IF = 11.470)	7	article id は 11060. 冊子内通しページなし。全5ページ	2016	10.1038/ncomms11060					
				(3)	<u>I. Mochizuki</u> , H. Ariga, Y. Fukaya, <u>K. Wada</u> , M. Maekawa, A. Kawasuso, <u>T. Shidara</u> , K. Asakura, <u>T. Hvodo</u>	Structure determination of the rutile-TiO ₂ (110)-(1×2) surface using total-reflection high-energy positron diffraction (TRHEPD)	Physical Chemistry Chemical Physics (IF = 4.493)	18	pp. 7085-7092	2016	10.1039/C5CP07892J					
2	4903	物性II	鉄系超伝導体 鉄系超伝導体及びその関連物質において、新たな物性を発見した。物構研の持つ特徴的な3つのプローブであるミュオン、中性子、放射光を縦横無尽に利用して、新たな物性の出現を明らかにしており、マルチプローブ研究の有用性を明快に示した研究例である。	(1)	M. Hirajishj, S. Iimura, K. M. Kojima, J. Yamaura, H. Hiraka, K. Ikeda, P. Miao, Y. Ishikawa, S. Torii, M. Miyazaki, <u>I. Yamauchi</u> , A. Koda, K. Ishii, M. Yoshida, J. Mizuki, R. Kadono, R. Kumai, <u>T. Kamiyama</u> , T. Otomo, Y. Murakami, S. Matsuishi, H. Hosono	Bipartite magnetic parent phases in the iron oxypnictide superconductor	Nature Physics (IF = 20.147)	10	pp. 300-303	2014	doi:10.1038/nphys2906	SS	論文(1)は、代表的な鉄系超伝導体であるLaFeAsOでO-H置換により実現された高濃度キャリアドープ領域(高濃度水素置換領域)において、新たな磁性相が出現することを、ミュオン、中性子、放射光を相補的に使ったマルチプローブ研究で明らかにした。LaFeAsO系での今回の結果は、この常識を覆すものであり、磁性と超伝導の間の新たな関係を示したものと言え、当該分野で最も権威ある雑誌の一つであるNature Physicsに掲載された。 論文(2)では、梯子型構造をもつ鉄系化合物が、高圧下で超伝導を示すことを発見した。BaFe2S2は、これまでに知られていた鉄の正方格子をもつ系とは異なり、梯子形構造をもつ鉄系超伝導体として世界で初めての発見となった。鉄系超伝導体における物性発現機構の統一的な理解のために、次元性の異なる系の発見が望まれていた。研究成果は、この分野で最も権威ある雑誌の一つであるNature Materialsに掲載された。			
				(2)	H. Takahashi, A. Sugimoto, Y. Nambu, T. Yamauchi, Y. Hirata, T. Kawakami, M. Avdeev, K. Matsubayashi, F. Du, C. Kawashima, H. Soeda, S. Nakano, Y. Uwatoko, Y. Ueda, T. J. Sato, K. Ohgushi	Pressure-induced superconductivity in the iron-based ladder material BaFe2S3	Nature Materials (IF = 36.503)	14	pp. 1008-1012	2015	doi:10.1038/nmat4351					
				(3)												

3	4903	物性II	量子井戸構造 電子同士が互いに強く影響し合う状態にある強相関電子を2次元空間(層)に人工的に閉じ込める量子井戸構造を作り出すことに世界で初めて成功した。	(1) K. Yoshimatsu, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Oshima (2) (3)	Metallic Quantum Well States in Artificial Structures of Strongly Correlated Oxide	Science (IF = 33.611)	333 pp. 319-322	2011	DOI: 10.1126/science.1205771	SS	酸化物エピタキシー法を駆使することで、伝導性酸化物を原子レベルで制御した量子井戸構造を作製し、強相関電子を2次元空間に閉じ込めることに世界で初めて成功した。閉じ込められた強相関電子は、量子井戸構造内の複雑な相互作用を反映した軌道選択的量子化や量子化準位に依存した有効質量増大という強相関電子に特有の現象と考えられる奇妙な振る舞いを示すことを見いだした。これらの結果は、人工的に強相関電子の振る舞いをコントロール可能になったことを意味していて、今後、強相関酸化物の機能を利用した新しい原理に基づくデバイス開発につながるものである。 この成果は、科学分野で最も権威のあるScienceに掲載された。日本では日経産業新聞、日刊工業新聞、河北新報をはじめ4紙で取り上げられ、社会的にもインパクトを与えた。		
4	4903	物性II	有機材料・物性 近年、軽量性やフレキシブル性などの特性を持つ有機エレクトロニクス材料が注目を集めている。有機材料の導電性、誘電性などの特性がどのような物質構造に由来しているのかを調べるためには、物構研の量子ビームによる解析が有効である。有機結晶中における電子のガラス状態の解明といった極めて基礎的な研究から、有機プリントエレクトロニクス材料の構造解析といった実用材料の研究まで、幅広い研究が行われている。	(1) T. Isono, H. Kamo, A. Ueda, K. Takahashi, A. Nakao, R. Kumai, H. Nakao, K. Kobayashi, Y. Murakami, H. Mori (2) F. Kagawa T. Sato K. Miyagawa K. Kanoda Y. Tokura K. Kobayashi R. Kumai, Y. Murakami (3) Y. Noda, T. Yamada, K. Kobayashi, R. Kumai, S. Horiuchi, F. Kagawa, T. Hasegawa	Hydrogen bond-promoted metallic state in a purely organic single-component conductor under pressure Charge-Cluster Glass in an Organic Conductor with Triangular Lattice Few-Volt Operation of Printed Organic Ferroelectric Capacitor	Nature Communications (IF = 11.470) Nature Physics (IF = 20.147) Advanced Materials (IF = 17.493)	4 article id は 1344. 冊子通しページなし。全6ページ 9 pp. 419-422 27 pp. 6475-6481	2012 2013 2015	10.1038/ncomms2352 10.1038/nphys2642 10.1002/adma.201502357	SS	有機材料の導電性、誘電性などの特性がどのような分子構造、結晶構造に由来しているのかを調べるために、KEK物構研の量子ビーム群による解析が行なわれている。論文(1)では、強い水素結合で結ばれた分子ユニットが、自己凝集して2次元伝導層を形成している新しいタイプの高伝導体を開発し、精密構造解析が行なわれた。論文(2)では、固体中の電子で液体と結晶の中間状態である「ガラス状態」に相当する状態を初めて実現し、フォトンファクトリーを用いた放射光X線回折実験及び電気抵抗の揺らぎの測定により確認した。論文(3)では、ブレードコート法を用いた強誘電体の単結晶薄膜を作製し、放射光X線回折によって、薄膜垂直方向に分極軸が整列していることを示した。 これらの成果は、高いインパクトファクターをもつ雑誌であるNature Communication、Nature Physics、Advanced Materialsに掲載された。		
5	5001	地球惑星科学	宇宙・地球科学 高温・高圧環境下にある地球内部の物質を研究対象とする地球科学や、宇宙空間の小惑星・隕石等を構成する物質を対象とする宇宙物質科学の研究分野は、地球と生命の起源に関する知見を与える重要な研究分野であり、一般社会からの関心も極めて高い。特に、小惑星イトカワから探査機はやぶサが持ち帰った岩石試料の解析が放射光を用いて行われ、大きな話題となった。	(1) T. Nakamura, T. Noguchi, M. Tanaka, M. E. Zolensky, M. Kimura, A. Tsuchiyama, A. Nakato, T. Ogami, H. Ishida, M. Uesugi, T. Yada, K. Shirai, A. Fujimura, R. Okazaki, S. A. Sandford, Y. Ishibashi, M. Abe, T. Okada, M. Ueno, T. Mukai, M. Yoshikawa, J. Kawaguchi (2) K. Terada, K. Ninomiya, T. Osawa, S. Tachibana, Y. Miyake, M. K. Kubo, N. Kawamura, W. Higemoto, A. Tsuchiyama, M. Ebihara, M. Uesugi (3) N. Funamori, K. M. Koijima, D. Wakabayashi, T. Sato, T. Taniguchi, N. Nishiyama, T. Irifune, D. Tomono, T. Matsuzaki, M. Mivazaki, M. Hiraishi, A. Koda, R. Kadono	Itokawa Dust Particles: A Direct Link Between S-Type Asteroids and Ordinary Chondrites A new X-ray fluorescence spectroscopy for extraterrestrial materials using a muon beam Muonium in Stishovite: Implications for the Possible Existence of Neutral Atomic Hydrogen in the Earth's Deep Mantle	Science (IF = 33.611) Scientific Reports (IF = 5.578) Scientific Reports (IF = 5.578)	333 p. 1113-1116 4 article id は 5072. 冊子通しページなし。全6ページ 5 article id は 8437. 冊子通しページなし。全5ページ	2011 2014 2015	10.1126/science.1207758 doi:10.1038/srep05072 doi:10.1038/srep08437	SS	宇宙・地球科学分野は地球と生命の起源に関する知見を与える重要な研究分野であり、一般社会からの関心も極めて高い。とりわけ世界的に注目されている小惑星イトカワの表面から持ち帰ったサンプルを、放射光を用いて蛍光X線測定による組成分析と、X線回折実験による構造解析を行った例(論文(1))では、小惑星イトカワの物質構成と形成の歴史を世界で初めて解明した。この論文は、アメリカの科学雑誌Scienceの「2011年の科学分野における10大成果」の第2位に選ばれるなど、非常に大きなインパクトを与えた。 論文(2),(3)は、J-PARCのパルスミュオンビームを用いて、隕石を非破壊分析できることを示した論文と地球深部の岩石中に中性水素原子が存在する可能性を示した論文であり、いずれもJ-PARCのミュオンビームの特性が宇宙・地球科学における問題解決に極めて有用であることを明確に示した研究である。		

6	5201	物理化学	<p>高速ダイナミクス</p> <p>放射光のパルス特性を、レーザー励起や電場印加などの外部刺激と組み合わせ、短寿命でしか現れない過渡的な物質構造と電子状態を計測することにより、物質の構造と機能に関する新たな知見を得ることができる。酸化薄層膜における光誘起相転移、光反応性タンパク質の4次構造変化、溶液光化学反応における過渡的な分子構造など、これまでX線では検出が不可能とされてきた短寿命状態の精密構造解析が可能となりつつある。</p>	(1) H. Ichikawa, S. Nozawa, T. Sato, A. Tomita, K. Ichivanagi, M. Chollet, L. Guerin, N. Dean, A. Cavalleri, S. Adachi, T. Arima, H. Sawa, Y. Ogimoto, M. Nakamura, R. Tamaki, K. Miyano, S. Koshihara	Transient photoinduced 'hidden' phase in a manganite	Nature Materials (IF = 36.503)	10	pp. 101-105	2011	10.1038/nmat2929	SS	<p>放射光のパルス特性を、レーザー励起や電場印加などの外部刺激と組み合わせ、短寿命でしか現れない過渡的な物質構造と電子状態の計測が行なわれている。</p> <p>論文(1)では、時間分解X線回折法によりマンガン酸化物薄膜の原子スケールにおける極めて短い時間(100億分の1秒)の構造変化を直接観測した。論文(2)では、ヘモグロビンの時間分解小角散乱実験により、3つの中間状態が刻々と変化する様子が明らかになった。論文(3)では、KEKの放射光科学研究施設とX線自由電子レーザーSACLAを組み合わせることにより、フェムト秒オーダーの超高速光反応において、反応中間体の分子構造情報を直接的に得ることに世界で初めて成功した。</p> <p>これらの研究成果は、科学分野で最も権威のある雑誌であるNature Materials、Journal of the American Chemical Society、Nature等に掲載された。</p>		
				(2) K. H. Kim, S. Muniyappan, K. Y. Oang, J. G. Kim, S. Nozawa, T. Sato, S. Koshihara, R. Henning, I. Kosheleva, H. Ki, Y. Kim, T. W. Kim, J. Kim, S. Adachi, H. Ihee	Direct Observation of Cooperative Protein Structural Dynamics of Homodimeric Hemoglobin from 100 ps to 10 ms with Pump-Probe X-ray Solution Scattering	Journal of the American Chemical Society (IF = 12.113)	134	pp. 7001-7008	2012	10.1021/ja210856v				
				(3) K. H. Kim, J. G. Kim, S. Nozawa, T. Sato, K. Y. Oang, T. W. Kim, H. Ki, J. Jo, S. Park, C. Song, T. Sato, K. Ogawa, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, T. Ishikawa, J. Kim, R. Ryoo, J. Kim, H. Ihee, S. Adachi	Direct observation of bond formation in solution with femtosecond X-ray scattering	Nature (IF = 41.456)	518	pp. 385-389	2015	10.1038/nature14163				
7	5303	高分子化学	<p>化学</p> <p>化学分野では、単一分子またはその集合体からなる分子系が機能発現する仕組みを理解するために、量子ビームを駆使した物質構造研究が進められている。特に、金属原子と有機分子を組み合わせたフレームワーク(Metal-Organic Framework, MOF)やグラフェン、金属クラスターなど、近年特に注目を集めている分子系を対象として、放射光による精密な分子構造解析、電子状態解析結果に基づく先端研究が行われ、顕著な研究成果が挙げられている。</p>	(1) Q.-F. Sun, S. Sato, and M. Fujita	An M18L24 stellated cuboctahedron through post-stellation of an M12L24 core	Nature Chemistry (IF = 25.325)	4	pp. 330-333	2012	10.1038/nchem.1285	SS	<p>化学分野では「分子」を主な対象として、単一分子またはその集合体からなる分子系がどのようにして機能発現するか、その仕組みを理解するための物質構造研究が活発に進められている。論文(1)では、複雑であるがゆえに誰も作りだせなかった「星形多面体」の分子を金属イオン(M)と湾曲した有機配位子(L)の組み合わせによって初めて自己組織化させることに成功し、その精密構造を放射光X線回折により解明した。論文(2)では、マジックナンバーのPt13クラスターから1原子抜き取ったPt12クラスターにおいて、著しい活性向上を報告し、その構造が放射光を用いたEXAFS測定等によって解明された。論文(3)では、グラフェンの電子状態を可逆的に変える方法を開発した研究成果である。</p> <p>これらの研究は当該分野で最も権威ある雑誌であるNature Chemistry、Journal of the American Chemical Societyに掲載された。</p>		
				(2) T. Imaoka, H. Kitazawa, W.-J. Chun, S. Omura†, K. Albrecht, K. Yamamoto	Magic Number Pt13 and Misshapen Pt12 Clusters: Which One is the Better Catalyst?	Journal of the American Chemical Society (IF = 12.113)	135	pp. 13089-13095	2013	10.1021/ja405922m				
				(3) Md. Z. Hossain, J. E. Johns, K. H. Bevan, H. J. Karmel, Y. T. Liang, S. Yoshimoto, K. Mukai, T. Koitaya, J. Yoshinobu, M. Kawai, A. M. Lear, L. L. Kesmodel, S. L. Tait, M. C. Hersam	Chemically homogeneous and thermally reversible oxidation of epitaxial graphene	Nature Chemistry (IF = 25.325)	4	pp. 305-309	2012	10.1038/nchem.1269				
8	5303	高分子化学	<p>ソフトマター</p> <p>「ソフトマター」とは高分子・液晶・コロイド等のやわらかな物質系の総称であり、日用品や食品等の身の回りの製品から航空機などに用いられる非金属材料に至る様々な工業製品として応用されている。また生命体を構成するたんぱく質や脂質等もソフトマターであり、これらの機能発現の要因を明らかにすることは生命現象の本質の理解にもつながる。上記のような観点から、ソフトマター系の構造形成に関して様々な研究が行われた。</p>	(1) K. Sadakane, M. Nagao, H. Endo, and H. Seto	Membrane formation by preferential solvation of ions in mixture of water, 3-methylpyridine, and sodium tetraphenylborate	Journal of Chemical Physics	139	pp. (234905-1)-(234905-11)	2013	10.1063/1.4838795	SS	<p>ソフトマターの構造形成に関して基礎から応用に広がる様々な研究が行われた。とりわけ軽元素を見分ける能力の高い中性子散乱を用いた研究で重要な成果が得られている。</p> <p>論文(1)では、親水性イオンと疎水性イオンの組み合わせの塩を加えることで、電氣的相互作用により液体にナノスケール〜マイクロスケールの秩序構造が形成されることを示した。この論文は2009年にPhysical Review Letterに掲載された論文の続報で、関係論文が2012年に日本物理学会論文賞を受賞するなど国際的にも国内的にも高く評価されている。論文(2)は高分子溶液の「脱濡れ」現象に中性子のメリットを最大限に生かして切り込んだ先駆的な研究であり、工業的にも重要性が高い。論文(3)は有機EL製造のコストダウンと大面積化に繋がると期待されるインクジェット塗布法の性能向上に向けての研究であり、次世代表示デバイスの開発に対して重要な指針を与える。</p>		
				(2) T. Xia, H. Ogawa, R. Inoue, K. Nishida, N. L. Yamada, G. Li, T. Kanaya,	Dewetting process of deuterated polystyrene and poly (vinyl methyl ether) blend thin films via phase separation	Macromolecules (IF = 5.800)	46	pp. 4540-4547	2013	10.1021/ma400506f				
				(3) S. Ohisa, G. Matsuba, N. L. Yamada, Y. J. Pu, H. Sasabe, J. Kido,	Precise Evaluation of Angstrom-Ordered Mixed Interfaces in Solution-Processed OLEDs by Neutron Reflectometry	Advanced Materials Interfaces (IF = -)		article id は 1400097. 全7ページ	2014	10.1002/admi.201400097				

9	5307	エネルギー関連化学	電池材料の高性能化 水素をエネルギー源として電気を生み出す燃料電池や、その電気を大容量で蓄積できるリチウムイオン電池など、我々の身の回りでは次世代電池材料の高性能化が進んでいる。物構研の放射光、中性子などのプローブを活用することにより、電池材料の高性能化につながる物質開発が進み、その一端が一流学術誌に報告されている。	(1)	N. Kamaya, K. Homma, Y. Yamakawa, M. Hirayama, R. Kanno, <u>M. Yonemura, T. Kamiyama</u> , Y. Kato, S. Hama, K. Kawamoto, A. Mitsui	A lithium superionic conductor	Nature Materials (IF = 36.503)	10	pp. 682-686	2011	doi:10.1038/nmat3066	SS	論文(1)の世界最高のイオン導電性を持つリチウム超イオン伝導体の開発とその導電性の原因説明は、固体電解質研究を活発化させ、全固体電池の性能向上をもたらす。論文(2)のナトリウムイオン電池用電極材料としてレアメタルを必要としない新規鉄系層状酸化物の合成の成功は、レアメタルフリーな電池用正極材料を実現する。論文(3)の白金原子とルテニウム原子が完全に混ざり合った新規合金触媒の開発の成功は、高効率での燃料電池発電を可能にする。リチウム超イオン伝導体の成果は、Nature Materialsに掲載され、日本経済新聞等で1面に掲載された。 ナトリウムイオン電池用電極材料の成果は、当該分野で最も権威ある雑誌の一つであるNature Materialsオンライン版に掲載された。 新規合金触媒の開発の成果は、当該分野で最も権威ある雑誌の一つであるJournal of the American Chemical Societyに掲載された。	○
				(2)	N. Yabuuchi, M. Kajiyama, J. Iwatate, H. Nishikawa, S. Hitomi, R. Okuyama, R. Usui, Y. Yamada, S. Komaba	P2-type Nax[Fe1/2Mn1/2]O2 made from earth-abundant elements for rechargeable Na batteries	Nature Materials (IF = 36.503)	11	pp. 512-517	2012	doi:10.1038/nmat3309			
				(3)	T. Takeguchi, T. Yamanaka, K. Asakura, E. N. Muhamad, K. Uosaki, W. Ued	Evidence of Nonelectrochemical Shift Reaction on a CO-Tolerant High-Entropy State Pt-Ru Anode Catalyst for Reliable and Efficient Residential Fuel Cell Systems	Journal of the American Chemical Society (IF = 12.113)	134	pp. 14508-14512	2012	doi: 10.1021/ja304939q			
10	5902	無機材料・物性	水素貯蔵材料開発 将来の水素社会の実現に向けて、水素貯蔵材料の開発研究が進んでいる。物構研の量子ビーム施設の中でも、とりわけMLFの中性子施設は水素の検出に優れており、水素化合物の構造解析に基づく水素貯蔵材料開発の成功例が報告されている。	(1)	S. Takagi, Y. Iijima, T. Sato, H. Saitoh, <u>K. Ikeda, T. Otomo</u> , K. Miwa, T. Ikeshoji, K. Aoki, S. Orimo	True Boundary for the Formation of Homoleptic Transition-Metal Hydride Complexes	Angewandte Chemie-International Edition (IF = 11.261)	54	pp. 5650-5653	2015	DOI: 10.1002/anie.201500792	SS	論文(1)では、クロムは水素化合物を形成しないと考えられてきたが、高圧下で水素化合物を形成することを初めて検出した。水素原子は、周囲の配位環境により陽イオンにも陰イオンにもなり価数変化を示すが、論文(2)では、イオン性の強い母体LaAsを持つ遷移金属化合物において、遷移金属元素の電気陰性度の変化により水素の価数変化を捉えた。これは水素添加することによる新しい電子材料開発の可能性を示す。論文(3)では、ランタン水素化合物LaD2を高圧で圧縮して、LaDの生成を初めて検出した。 論文(1),(2)は、化学分野における最高峰の学術雑誌であるAngewandte Chemie International Editionに掲載された。また、論文(3)の研究成果は、物理学の専門誌としては最も権威があるPhysical Review Lettersに掲載された。いずれの雑誌もインパクトファクターの高いものであり、Angewandte Chemie International Editionは11.3、Physical Review Lettersは7.5である。	○
				(2)	H. Mizoguchi, S. Park, <u>H. Hiraka, K. Ikeda, T. Otomo</u> , H. Hosono	An anti CuO2-type metal hydride square net structure in Ln2M2As2H(x) (Ln=La or Sm, M=Ti, V, Cr, or Mn)	Angewandte Chemie-International Edition (IF = 11.261)	54	pp. 2932-2935	2015	DOI: 10.1002/anie.201409023			
				(3)	A. Machida, M. Honda, T. Hattori, A. Sano-Furukawa, T. Watanuki, Y. Katayama, K. Aoki, K. Komatsu, H. Arima, H. Ohshita, <u>K. Ikeda, K. Suzuya, T. Otomo</u> , M. Tsubota, K. Doi, T. Ichikawa, Y. Kojima, and D. Y. Kim	Formation of NaCl-Type Monodeuteride LaD by the Disproportionation Reaction of LaD2	Physical Review Letters (IF = 7.512)	108	pp. (205501-1)-(205501-5)	2012	10.1103/PhysRevLett.108.205501			
11	6702	構造生物化学	生命科学・生体防御機構とその応用 生体には、いわゆる獲得免疫系以外に自然免疫の仕組みがあり、微生物などの感染に対する最初の防御機構として知られている。Toll-like受容体の研究は、この自然免疫の分野の研究である。一方、CRISPRは微生物の生体防御機構で、その機能以上に、遺伝子操作の基礎的なツールとして注目されている。ヒトの遺伝子治療に繋がる研究である。	(1)	H. Tanji, U. Ohto, T. Shibata, K. Miyake, T. Shimizu	Structural Reorganization of the Toll-Like Receptor 8 Dimer Induced by Agonistic Ligands	Science (IF = 33.611)	339	pp. 1426-1429	2013	10.1126/science.1229159	SS	論文(1)および(3)の自然免疫に関する研究は、獲得免疫が作動するまでの間、どのようにして生体が感染などの攻撃に対処しているかを明らかにした点で、学術的意義の高い研究成果である。論文(2)のCRISPRは、生体防御メカニズムに対する興味もさることながら、本分子メカニズムがいわゆるゲノム編集に利用できることが明らかになってからは、猛烈な研究競争がなされる分野になっている。立体構造に基づいた分子機構の研究は、人に対する次世代の遺伝子治療(ゲノム編集)への道を開くものとして極めて高い注目を浴びている。この成果は、学術研究分野で最も権威ある雑誌である科学雑誌Nature及びScienceに掲載された。	○
				(2)	H. Zhao, G. Sheng, J. Wang, M. Wang, G. Bunkoczi, W. Gong, Z. Wei, Y. Wang	Crystal Structure of the RNA-Guided Immune Surveillance Cascade Complex in Escherichia coli	Nature (IF = 41.456)	515	pp. 147-150	2014	10.1038/nature13733			
				(3)	U. Ohto, T. Shibata, H. Tanji, M. Ishida, E. Krayukhina, S. Uchiyama, K. Miyake, T. Shimizu	Structural basis of CpG and inhibitory DNA recognition by Toll-like receptor 9	Nature (IF = 41.456)	720	pp. 702-705	2015	doi:10.1038/nature14138			

12	6702	構造生物化学	<p>生命科学:シグナル伝達</p> <p>セマフォリンとプレキシンは、細胞が外の環境を探り、望みの方向へ誘導する際に使われるシグナルとそのセンサーのセットで、神経回路の形成などに関係する研究である。花成ホルモン(フロリゲン)とその受容体は、植物の開花に関わるシグナル分子で、開花の分子メカニズムに関する研究である。</p>	(1)	T. Nogi, N. Yasui, E. Mihara, Y. Matsunaga, M. Noda, N. Yamashita, T. Toyofuku, S. Uchiyama, Y. Goshima, A. Kumanogoh, J. Takagi	Structural Basis for Semaphorin Signalling through the Plexin Receptor	Nature (IF = 41.456)	467 pp. 1123-1127	2010	10.1038/nature09473	SS	<p>論文(1)のセマフォリンとプレキシンは神経細胞だけでなく、免疫の働きや骨や心臓を形作る際にも重要であることが判明していることから、本結果は高く評価されている。論文(2)の花成ホルモン(フロリゲン)は長い事正体不明の幻のホルモンと言われていたが、当該研究グループがその実態がたんぱく質であることを発見するとともに、受容体も同定した。そして、それらの複合体構造を解明することで、細胞内での作用や花を咲かせる仕組みを明らかにしており、開花の謎を一気に明らかにした研究である。これらの結果は科学分野で最も権威ある雑誌の一つであるNatureに掲載された。</p> <p>フロリゲンの研究は、朝日新聞や産経新聞、日本経済新聞他にも取り上げられ社会的にも大きなインパクトを与えた。</p>
				(2)	K. Taoka, I. Ohki, H. Tsuji, K. Furuita, K. Hayashi, T. Yanase, M. Yamaguchi, C. Nakashima, Y. A. Purwestri, S. Tamaki, Y. Ogaki, C. Shimada, A. Nakagawa, C. Kojima, K. Shimamoto	14-3-3 proteins act as intracellular receptors for rice Hd3a florigen	Nature (IF = 41.456)	476 pp. 332-335	2011	10.1038/nature10272		
				(3)								
13	6702	構造生物化学	<p>生命科学:代謝</p> <p>細菌からヒトまで多くの生体膜中に存在し、ATPのエネルギーを使って水素イオンを運ぶことで膜内外のpHを調整する働きを持つV型ATPase、光合成の際に光エネルギーを集めて光合成を行うための、集光アンテナと光合成反応中心の複合体であるLH1-RC複合体の構造解析、そして立体構造を有効に利用した細胞内エネルギー分子であるGTPのセンサーたんぱく質の発見に関する研究である。</p>	(1)	S. Arai, S. Saijo, K. Suzuki, K. Mizutani, Y. Kakinuma, Y. Ishizuka-Katsura, N. Ohsawa, T. Terada, M. Shirouzu, S. Yokoyama, S. Iwata, I. Yamato, T. Murata	Rotation mechanism of Enterococcus hirae V1-ATPase based on asymmetric crystal structures	Nature (IF = 41.456)	493 pp. 703-707	2013	10.1038/nature11778	SS	<p>論文(1)のV型ATPaseは、ATPを加水分解することで回転運動をし、これに伴って水素イオンを輸送する。本研究は、ATPのエネルギーが回転運動に変換される仕組みを原子レベルで解明したものである。論文(2)のLH1-RC複合体の立体構造解析は、原子レベルで光合成のメカニズムを明らかにするための重要な研究成果である。この構造から、集光アンテナと光合成反応中心の立体的位置関係が明らかになるとともに、光合成によって取り出した化学エネルギーを運搬する経路が推定された。論文(3)のGTPセンサーたんぱく質の発見は生体のエネルギー代謝の分野における成果である。論文(1)、(2)は、学術研究分野で最も権威ある雑誌である英国の科学雑誌Natureに、論文(3)は、当該分野で権威のある雑誌の一つであるMolecular Cellに掲載された。</p>
				(2)	S. Niwa, L.-J. Yu, K. Takeda, Y. Hirano, T. Kawakami, Z.-Y. Wang-Otomo, K. Miki	Structure of the LH1-RC complex from Thermochromatium tepidum at 3.0 Å	Nature (IF = 41.456)	508 pp 228-232	2014	10.1038/nature13197		
				(3)	K. Sumita, Y. H. Lo, K. Takeuchi, M. Senda, S. Kofuji, Y. Ikeda, J. Terakawa, M. Sasaki, H. Yoshino, N. Majd, Y. Zheng, E. R. Kahoud, T. Yokota, B. M. Emerling, J. M. Asara, T. Ishida, J. W. Locasale, T. Daikoku, D. Anastasiou, T. Senda, A. T. Sasaki.	The lipid kinase PI5P4Kb is an intracellular GPT sensor for metabolism and tumorigenesis	Molecular Cell (IF = 14.018)	61 pp. 187-198	2016	10.1016/j.molcel.2015.12.011		

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	03	学部・研究科等名	加速器研究施設
------	----	-----	---------------	-----------	----	----------	---------

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】

本研究施設は、本機構の研究活動の根幹をなすところの高エネルギー加速器の研究開発、運転を行うことが任務である。本機構の保有（運転中）、または開発途上の加速器は、世界的な観点から見ても注目される規模や性能のものが多く、これらを用いた研究活動（機構内の研究所など）での成果が最大限になるように、開発や運転が行われる。したがって、それらの研究活動の成果を尺度に本研究施設の研究力の尺度とするという観点が強い。また、素粒子や原子核実験で用いられる最先端の加速器は、医学用などのように企業ベースで生産される加速器とは異なり、建設され一応の完成の後にも常に性能向上の努力が払われる。こうした言わば日々の努力の結果は、国際学会などで発表されてことになる。したがって、学問的アウトプットは、他の学問分野では軽視されがちな、会議での発表プロシーディングスでの論文も多い。こうした論文も軽視することなく一定の比重をおいて成果を選定している。

2. 選定した研究業績

業績番号	細目番号	細目名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	代表的な研究成果 【最大3つまで】							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	
				a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)						
				著者・発表者等	タイトル	発表雑誌・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	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	衝突型加速器 KEKB の高性能化についての研究 素粒子実験に用いられる大型加速器では、短時間に多くのデータが生み出せる加速器をいかに作れるかが実験成功の鍵となる。企業から商品として販売される小型加速器と異なり、この種の大型加速器は、一応の完成後も常に性能向上のための研究が継続される。KEKが建設した衝突型加速器 KEKBにおいても、実際に10年ほどの運転期間に大きな性能向上を遂げた。	(1)	T. Abe 他、KEK 125名、他機関4名	Achievement of KEKB	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp.(03A001-1)-(03A001-18)	2013	10.1093/ptep/pts102	SS	SS	【学術的意義】 ノーベル賞受賞に至った小林誠、益川敏英両氏による理論の実験的検証には、極めて大量のデータが必要とされたため、実験にビームを提供する加速器をいかにし強化するかが研究課題となった。これはKEKB加速器で実施された実験で成功裏に達成され、KEKB加速器の卓越した性能の証明となった。データ生成頻度を表す「ルミノシティ」と呼ばれる指標において、その瞬間最大値 ($2 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) と時間積分値（データ蓄積量）の双方で、KEKB加速器は現在世界最高記録を保持することが、素粒子物理学の世界共有データである「Review of Particle Physics」(最新版 K.A. Olive ら、Chinese Physics C 38, 090001 (2014)誌上に記載されている。平成22年までのKEKB 稼働期間中に行った加速器の性能向上に関する研究は11編の論文に纏められたが、代表的なものがここに掲げた3編である。論文(1)では、それまでの加速器の性能を大きく上回る性能を項目ごとに論じている。また、論文(2)では、その性能向上の手法、処置などについて具体的に記述している。また、衝突型リングにビームを供給する入射加速器の性能向上については論文(3)で記述している。 【社会、経済、文化的意義】 第二次大戦終了直後、当時日本にあった加速器が占領軍により廃棄され、この分野の研究自体も禁止された。それまで加速器分野で決して後進国でなかった我が国は西欧に遅れをとることになった。しかし、経済力もつけ、技術的にも着実に蓄積を重ねた日本がこの分野で先進国の立場に転じたことを示す記念碑的加速器としての意義が大きい。さらに、ノーベル賞をサポートする実験を遂行することにより、国立科学博物館がKEKB加速器の一部を（素粒子原子核研究所が建設した Belle 測定器の一部と共に）常設展示として公開している。		
				(2)	T. Abe 他、KEK 67名、他機関2名	Commissioning of KEKB	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp. (03A010-1)-(03A010-25)	2013	10.1093/ptep/pts101					
				(3)	M. Akemoto 他、KEK 51名	The KEKB injector linac	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp.(03A002-1)-(03A002-38)	2013	10.1093/ptep/ptt011					
2	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	大型かつ大電流の加速器用の超高真空システムの研究 加速器開発において、加速粒子が走る場所を高い真空度に保つことが重要なことの一つである。業績番号1の研究が主に実際のビームとの細かいやりとりによるものであるが、この研究は大電流ビームでの真空容器、真空ポンプ等のシステムの研究である。	(1)	K. Kanazawa 他、KEK 11名	Experiences at the KEK B-factory vacuum system	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp. (03A005-1)-(03A005-16)	2013	10.1093/ptep/pts068	SS		本論文は、KEKB加速器の性能向上に関する諸研究のうち、真空システムに関する開発経過を詳述したものである。前述の「Review of Particle Physics」誌上によれば、従来の加速器のビーム電流はミリアンペアの単位で計られていたが、KEKBとその競争相手であるPEP-II（米国）及び同時期の別種実験用の DAFNE（イタリア）は、史上初めてアンペアの単位で電流を測る加速器となった。これらの加速器の真空システムでは、大電流ビームのビームによる放射光や発熱に晒される条件のもと、加速器のために必要な真空条件を健全に保持するため、温度勾配、二次電子放出、膨張収縮、放熱処理等の諸点で従来加速器では遭遇しなかった多数の問題を解決する必要があった。この研究によってKEKBの性能実現が可能になったとともに、世界の他種の加速器における真空システムに転用可能な技術開発が飛躍的に進展した。		
				(2)												
				(3)												

3	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	大型かつ大電流の加速器用の加速システムの研究 加速器の心臓部である加速装置は、概念的に分けると実際にビームを加速する加速空洞とそれにエネルギーを送る部分からなる。システム全体は、大電力高周波(ここでは約500MHzの高い周波数)を用いることになる。加えて、KEKB加速器では、当時世界最大の電流を保持するため、高い技術が必要とされる加速空洞の設計、実用化も行った。	(1) T. Abe 他、KEK 36名 (2) (3)	Performance and operation results of the RF systems at the KEK B-Facility Progress of Theoretical and Experimental Physics	2013	pp. (03A006-1)-(03A006-40)	2013	10.1093/ptep/ptt020	SS	S	【学術的意義】 KEKB加速器の高周波加速装置についての研究成果をまとめたもので、加速装置全体の設計概念、建設詳細、稼働状況を詳述している。加速器の加速空洞は、準備したマイクロ波源から供給される電磁場のエネルギーを一時的に貯蔵、その時空洞中を通過するビーム粒子にこの電磁場エネルギーを受け渡すことでビーム加速を行う。しかし、実際には、加速空洞を通過するビームが加速空洞内の電磁場に逆に擾乱を与える効果も発生し、KEKBのような大電流ビームを扱う加速器ではその対策が本質的に重要である。そこで、KEKB加速器の高周波加速グループは、従来の加速器にはなかった三つの異なる形状の空洞を組み合わせて加速する新タイプの加速装置を世界で初めて考案し、その概念検証と試作を経て、実機システムを建設、安定な運転維持に成功した。また、KEKB用に開発した超伝導加速空洞は、蓄積ビーム電流およびビームへの供給パワーにおいて、超伝導空洞として世界最高の性能で長期間安定に運用された。これらは、業績番号1の性能を下支えた基幹技術の一つである。 【社会、経済、文化的意義】 この加速装置のうち、超伝導加速装置は、大電流での運転の実績が評価され、台湾の放射光加速器で採用されることになった。KEK側からの技術協力もあり、2015年(平成27年)終盤に加速に成功した。また、中国北京の高能研究所の加速器 BEPC-II においてもこの技術を用いた加速空洞が稼働している。さらに、このシステムのエネルギー源としてのクライストロン(大型の真空管)は、平成26年に国立科学博物館の「重要科学技術史資料」(通称未来技術遺産)に選定され、第00143号として登録された。これは、本研究の成果が科学技術の発達史上重要な成果であることを示し、次世代に継承して行く上で重要な意義を持つ科学技術史資料として認められたことを示している。		
4	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	B-Facility 実験成果のまとめ 本書は、定期刊行論文誌の番号がついているが、900ページを超える単行本である。日本のKEKB加速器とそれを使って実験を行ったBelle測定器、そして米国の PEP-II加速器とそれを使って実験を行ったBaBar測定器に関する実験及び物理解析・成果を詳しく解説した、両グループの研究者の協力による合同出版であり、この分野を目指す若手研究者や、関心をもつ研究者への教科書的な集大成である。	(1) Y. Sakai, K. Akai 他 総著者数約2000名 (Belle and BaBar Collaborations)。その内KEK120名ほど (2) (3)	The Physics of B Factories European Physical Journal C	2014	3026 (この論文は通常の論文誌に掲載されていないが、通常のページ番号のつけ方ではありません。全928ページ。)	10.1140/epjc/s10052-014-3026-9	SS	S	【学術的意義】 日米の「Bファクトリー加速器」、KEKB及びPEP-IIは、粒子加速器の歴史に名を残す卓越した加速器であったが、ここにおけるBelle実験とBaBar実験は、B中間子におけるCP対称性の破れを発見し、小林・益川理論を検証することにより、小林・益川両博士に2008年ノーベル物理学賞をもたらした。他にも多大な成果を上げてきた。本書は、10年以上にわたる両実験の物理解析及び結果を詳細に記述したもので、両実験が共同で7年の歳月をかけて完成した900ページを超える大集大成である。 【社会、経済、文化的意義】 本書の内容は、通常の研究論文ではなく、次世代のBファクトリー実験やフレーバー物理に携わる若手研究者にとって最良の教科書となるものである。KEKのプレスリリースやSLAC Todayで世界に向けて発信され、CERN CourierやInteractions Orgの記事にもとりあげられた。現在までに権威の高い論文誌に約40回以上論文に引用されている。	89-01-12	○	
5	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	一基の線形加速器から四つのビーム貯蔵リングへの同時入射機構の開発研究 素粒子実験や放射光施設で用いられる大型円形加速器(主にシンクロトロン)では、あらかじめあるエネルギーまで加速した粒子を注入し、それを加速あるいは加速せずそのまま蓄積する実験方法がとられる。この研究では一基の線形加速器から、KEK内の四つのビーム貯蔵リングに効率よくビームを注入する複雑な機構の開発研究を行った。	(1) M. Satoh (2) K. Furukawa (3)	First Simultaneous Top-up Operation of Three Different Rings in KEK Injector Linac Pulse-to-pulse Beam Modulation and Event-based Beam Feedback Systems	2010 2010	Proceedings of 2010 Linac Conference Proceedings of International Particle Accelerator Conference	2010 2010	SS		KEKの電子陽電子線形加速器は、ビームの種類、エネルギー、電流が大きく異なる四つのビーム貯蔵リング(KEKB電子、KEKB陽電子、PF、PF-AR)にビームを提供しなければならない。このようなビーム切り替えでは、世界の加速研究所で通常採られる手法では人手の操作を含む数十秒の時間が必要とされてきた。これを大幅に改善し、KEKBで蓄積電流安定度0.05%を達成し、特に調整の難しいクラブ交差衝突の最適化を可能にし、世界最高の衝突性能の達成のうえで不可欠な貢献を行った。また、フォトンファクトリーで世界でも類を見ない蓄積電流安定度0.01%を達成し、実験精度の向上に貢献した。本件は、これらに関する電子陽電子線形加速器の性能向上について、LINAC10(2010開催)の第25回国際線形加速器会議)における招待講演1件、口頭発表3件をはじめとする複数の国際会議で発表を行ったものである。			
6	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	円形加速器にビームを注入する際の新しい方式の実証的研究 大規模な円形加速器(シンクロトロン)ではあらかじめある程度まで加速した粒子を注入し、さらに加速またはエネルギーはそのままで蓄積される。その際、既に蓄積されたビームに対する擾乱を最小限に抑えることが求められるが、従来に比較して飛躍的に擾乱を減らす方法を考案し、実際の加速器でその方法の有効性を実験で示した。	(1) Y. Kobavashi 他 KEK 8名、他機関2名 (2) (3)	Beam injection with a pulsed sextupole magnet in an electron storage ring	2010	pp. (020705-1)-(020705-12)	10.1103/PhysRevSTAB.13.020705	SS		放射光加速器では、ビーム貯蔵の状態のまま次々とビームの入射と蓄積が行われる。この時、放射光実験の実施のためには既に蓄積されているビームに与える擾乱を最小限に留めることが望まれるが、従来の二極のパルス状磁場の電磁石を使って入射ビームを円形加速器内の軌道に打ち込む方法では、若干の擾乱が避けられない。二極ではなく六極のパルス磁石を用いれば、既に蓄積したビームへの擾乱が最小限に抑えられることが理論的に期待されていたが、この研究では、実際に稼働している放射光加速器(KEK PFリング)を用い、この擾乱が従来に比較して格段に小さくなることを実証した。この実証により、多くの放射光加速器でこの方式の採用が検討された。また、この論文の著者の一人は、この研究の成果が認められ、第8回日本加速器学奨励賞を受賞した。パルス六極磁石のビーム入射への適用については、内外の複数の放射光施設で現在検討中である。			

7	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	J-PARCの3GeVシンクロトロンビームパワー増強に関する研究 J-PARC 3GeV シンクロトロンは、その下流にある主リング(陽子シンクロトロン)への入射器であり、同時に物質・生命科学実験施設に陽子ビームを供給する加速器である。この加速器の強度を増すことは、これらの施設の性能向上に欠かせない過程である。	(1) H. Hotchi (登壇者) J-PARCセンター所属	Recent progress of J-PARC RCS beam commissioning -- towards realizing the 1-MW output beam power	International Conference on Particle Accelerators, Richmond, VA, USA, May 3-8, 2015		Proceedings of the International Conference on Particle Accelerators, pp. 1346-1348	2015		SS	KEKと日本原子力研究開発機構(JAEA)が共同運営するJ-PARCの陽子シンクロトロンにおいて、バンチあたり世界最高の粒子数 4.2×10^{13} を極めて低いビームロス(粒子数で0.2%のロス)で安定に加速したことについて、さらにその結果が空間電荷効果を含む計算機シミュレーションとよく一致していることについて、高い評価を得た。本件は、この業績についてJAEA職員であるHotchiが、KEK-JAEA 合同チームの代表として国際学会において招待講演で報告したものである。この業界で最大の国際会議、2015年のInternational Particle Accelerator Conference (IPAC'15)における口頭発表に選ばれた。
8	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	エネルギー回収型線形加速器の開発研究。その第一歩としてのエネルギー回収の実証実験 放射光は、物性実験のためのX線源として多くの国でGeVオーダーのエネルギーの円形加速器が稼働している。KEKでは、円形加速器では実現できない、細く短いX線を得る装置としてエネルギー回収型の線形加速器の基礎研究を行っている。	(1) S. Sakanaka (登壇者)	Result of the Commissioning on cERL in KEK	The 56th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Energy Recovery Linac, Stony Brook, NY, USA, June 7-12, 2015			2015	SS	エネルギー回収型線形加速器(Energy Recovery Linac:ERL)は、常に電子銃から供給された良質な電子ビームが周回し、高繰り返し・高輝度・短パルスのシンクロトロン放射光源や共振器型の自由電子レーザー(FEL)などに応用可能であることから、様々な利用研究に提供できる加速器システムとして、世界的に期待されている。KEKでは、ERLの概念に基づく将来型光源加速器に向けた開発研究の一環として小型試験加速器 cERL を建設し、エネルギー回収の実証運転に成功した。この成果について、The 56th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Energy Recovery Linacs で左記の口頭発表がプレナリーセッションの発表に選ばれ、また、公益財団法人高エネルギー加速器奨励会による「諏訪賞」を受賞した。	
9	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	将来の国際リニアコライダーに向けてのより細かいビームを実現する研究 将来のリニアコライダーでは、これまでの加速器では到達できなかった細いビームをつくることによって高い反応頻度を得る必要がある。	(1) K. Kubo (登壇者)	Towards International Linear Collider: Experiments at ATF2	International Conference on Particle Accelerators, Richmond, VA, USA, May 3-8, 2015			2015	SS	ATF2国際共同研究において、直線ビームラインで記録されたビーム垂直方向サイズとして世界最小の44nmを実現したこと、その再現性が良いことについて、高い評価を得た。その成果は、加速器業界で最も大規模かつ権威の高い国際会議 International Particle Accelerator Conference IPAC'15及び素粒子物理学界の中心国際会議シリーズの第37回International Conference on High Energy Physics (ICHEP) おいて共に招待講演として報告された。	
10	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	著書 "Induction Accelerators" Induction accelerator (誘導加速器)とは、時間的に変化する磁束によって生成した加速電場により粒子を加速する形式の加速器で、大電流の陽子及び電子の加速に有効であり、かつ、線形加速器にも円形加速器にも適用可能なものである。本書は、誘導加速器の原理から説き起こし、その要素技術と実装時の要点について大学院レベルでの総合的解説を加えた世界唯一の教科書・実用書である。	(1) K. Takayama and R.J. Briggsで編集。各章の執筆者を合計して6名	Induction Accelerators	Springer		全339ページ。第一章pp. 1-5及び、pp. 249-284。	2010	S	これまでに海外ではCERN Courier (Vol.51, No. 5, p43, 2011)にUS Particle Accelerator School校長 William Barletta氏の書評が掲載され、高い評価を受けた。また、Physics Todayがこの本の紹介を行っている。国内では日本物理学会誌上(66(11), 861-862, 2011)に国内における誘導加速器の先駆者である埼玉大名誉教授川崎温氏による書評が取り上げられた。US加速器スクールの標準教科書になった。 なお、米国・ヨーロッパの主要大学と国内外の加速器研究所の図書館所蔵の書籍になっている。	
11	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	SuperKEKB 加速器の設計・開発・建設に関する研究 SuperKEKB加速器は、ビーム衝突型リング加速器として史上最大のルミノシティを実現するものであり、付随して史上最大の蓄積ビーム電流を実現、安定に制御し、衝突点で収束させることを必要とするものである。このために開発される諸技術は、大輝度放射光源等他のタイプの加速器の次世代の展開においても適用可能なもので、世界の関係学界の注目を集めている。	(1) T. Miura (登壇者)	Progress of SuperKEKB	International Conference on Particle Accelerators, Richmond, VA, USA, May 3-8, 2015		Proceedings of International Conference on Particle Accelerators, pp. 1291-1295	2015	SS	International Conference on Particle Accelerators (IPAC) は、粒子加速器の専門家が参集して毎年開催される関連分野では世界最大の規模と権威をもつ国際学術会議であるが、2件の論文は、いずれも2015年に米国Jefferson研究所で開催されたIPAC 2015 において、2015年度中の調整試験開始を目指すSuperKEKB加速器についての招待講演を行うとともに、SuperKEKBに期待する世界の研究者からの幅広い専門的見地での質疑に対応したものである。論文(1)は、世界最大のビーム衝突ルミノシティを狙う SuperKEKB加速器の建設開発の最新の全体状況を報告した。また、論文(2)は、加速器の専門家間で特に注目を集める史上最大のビーム電流の扱いに注目し、ビームダイナミクスの観点からの分析とKEKの加速器担当者による対策アプローチを総合的に報告した。	

12	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	衝突型加速器 KEKB の「クラブ衝突」方式による高性能化についての研究 KEKB加速器の運転開発研究において、二つのビームをカニの横ばいのような状態で衝突させ、ルミネシティ(素粒子反応がおこる頻度の指標)を向上させる「クラブ衝突」を世界で初めて実現させた。	(1)	T. Abe, et al	Compensation of the Crossing Angle with Crab Cavities at KEKB	2007 IEEE Particle Accelerator Conference , Albuquerque, NM, USA, June 25-29, 2007	Proceedings of 2007 IEEE Particle Accelerator Conference, pp. 27-31	2007		SS	S	【学術的意義】 対向する二本のビームをカニの横ばいのような状態で衝突させることによってルミネシティ(素粒子反応がおこる頻度の指標)を向上させる「クラブ衝突」は、原理は提出されていたが、使われる高周波空洞が達成すべき電圧の高さと、粒子ビームのコントロールの困難さから実現されていなかった。これをKEKB加速器のチームが世界で初めて実現させ、平成19年に国際会議で発表した。この業績の発表は第二期中期目標期間ではないが、後にこれについて、研究指導者2名が平成23年度の折戸賞(公益財団法人 平成基礎科学財団による)を授与された。 【社会、経済、文化的意義】 KEKB加速器の性能向上を支えた重要なコンポーネントとして、平成27年には業績番号1で記述した国立科学博物館での展示物のひとつとなった。
				(2)	T. Abe, et al	Beam Operation with Crab Cavities at KEKB	2007 IEEE Particle Accelerator Conference , Albuquerque, NM, USA, June 25-29, 2007	Proceedings of 2007 IEEE Particle Accelerator Conference, pp. 1487-1489	2007				
				(3)									
13	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	Annular-ring Coupled Structure (ACS) 空洞を用いたJ-PARCリニアックの400 MeV加速の達成 J-PARC線形加速器では、世界ではじめてAnnular-ring Coupled Structure型空洞を用いて大強度負水素イオンビームの400 MeV 加速に成功した。	(1)	K. Hasegawa (登壇者) J-PARCセンター所属	Commissioning of Energy Upgraded Linac of J-PARC	27th Linear Accelerator Conference, Geneva, Switzerland, Aug. 31-Sep 5, 2014	Proceedings of LINAC14, pp. 417-421.	2014		SS		ACS(環状結合型)空洞は、これまで考案された結合空洞型加速構造の中でも特に加速電場の軸対称性に優れ大強度ビームの加速に適すと考えられてきたが、複雑な構造のため長く実用化されてこなかった。KEKは、1990年代に世界に先駆けて実機のACS空洞の実装開発に成功、KEKと日本原子力研究開発機構(JAEA)が共同運営するJ-PARCリニアックでビームエネルギーを181 MeVから400 MeVに増強する加速器性能高度化の際の加速システムに採用した。J-PARCリニアックの高度化では、ACS空洞の周波数の最適化とともに量産技術の開発にも成功し、大強度ビームを安定に400 MeVまで加速することに成功した。平成26年にこの成果について、JAEA理事長表彰の特別賞がJ-PARCセンター加速器ディビジョンに、第10回加速器学会技術貢献賞が空洞製作に貢献した2名の研究者に授与された。
				(2)	H. Ao (登壇者)	Status of Linac Energy Upgrade	25th Linear Accelerator Conference, Tsukuba, Japan, Sep. 12-17, 2010	Proceedings of LINAC10, pp. 357-361	2010				
				(3)									
14	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	J-PARC主リングシンクロトロンにおける大強度ビームの加速 J-PARC主リングシンクロトロンは、速いビーム取り出しにより長基線ニュートリノ実験T2Kに対して最大電力 390kW の大強度ビームを供給しており、パルス当たりの粒子数(陽子数 2×10^{14})としては現在世界最高の性能を有する。また、遅いビーム取り出しにおいては、ハドロン実験施設に最大42kWのビームを供給し、その取り出し効率99.5%も世界最高の性能である。	(1)	T. Koseki (他59名)	Beam commissioning and operation of J-PARC main ring synchrotron	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2012	pp. (02B004-1)- (02B004-20)	2012	10.1093/ptep/pts071	SS	J-PARC主リングシンクロトロン(MR)からの長基線ニュートリノ振動実験(T2K)への速い取出しによる供給ビーム強度は、平成22年以来世界記録の更新を続け、平成27年度末の時点で390kW(パルス当たり陽子数 2×10^{14})を記録している。T2Kはミューニュートリノが電子ニュートリノに変化する現象を世界に先駆けて99.3%の信頼度で検出(平成23年)、多数の学会賞を受賞しその後も着実に測定信頼度を向上させている。MRはハドロン実験施設には遅い取出し法により最大42kWのビームを供給し、その取出し効率99.5%は世界最高値である。MRの大強度化に関するこれらの成果は、査読論文(1)や国際ワークショップでの招待講演(2)等で報告された。また、一連の関係研究でMRのために開発されたFT3L空洞(金属磁性体FT3Lを用いた加速空洞)は、CERN LHCの前段加速器の高度化の一部に適用されている。
				(2)	Y. Sato (登壇者)	Recent Commissioning of High Intensity Proton Beams in J-PARC Main Ring	Workshop on High Intensity and High Brightness Hadron Beams, Beijing, China, Sep. 17-21, 2012.	Proceedings of HB2012, pp. 575-579	2012				
				(3)									
15	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	コヒーレントシンクロトロン放射に関するビーム力学的研究 分子科学研究所UVSOR施設において、電子バンチの放出するコヒーレントシンクロトロン光を帯域の異なる複数の超高速テラヘルツ検出器を用いた観測によりそのスペクトルが複雑に時間変化することを見出し、これはバンチ中の粒子の横方向と縦方向の運動が結合することでバンチの微細構造が複雑に時間発展する結果であることを明らかにした。	(1)	M. Shimada, M. Katoh, M. Adachi, T. Tanikawa, S. Kimura, M. Hosaka, N. Yamamoto, Y. Takashima, and T. Takahashi	Transverse-Longitudinal Coupling Effect in Laser Bunch Slicing	Physical Review Letters	103	pp.(144802-1)-144802-4)	2009	10.1103/PhysRevLett.103.144802	SS	本研究は、物理学界で権威のある雑誌 Physical Review Letters 誌に出版され、加速器業界で最大の国際会議IPAC'10では口頭発表に選ばれるなど、コヒーレントシンクロトロン光の発生や極短電子パルスの生成や輸送に関する新しい知見を得た重要な成果として、世界的に極めて高く評価された。また、この業績により、筆頭著者の島田は平成23年に第7回日本加速器学会奨励賞を授与された。
				(2)									
				(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	04	学部・研究科等名	共通基盤研究施設
------	----	-----	---------------	-----------	----	----------	----------

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。ただし、その加速器や実験装置の大型、複雑なことにより、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、企業が手がけるものでもあるが、本機構の技術的動向に密着した技術開発が必要であり、かつ採算にとらわ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	細目番号	細目名	研究テーマ 及び 要旨【200字以内】	代表的な研究成果 【最大3つまで】							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
				a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)					
				著者・発表者等	タイトル	発表雑誌・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	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	急熱急冷変態(RHQT)法による超伝導線の開発 KEKでは、将来の加速器用高磁場超伝導磁石のため、NIMSと共同で急熱急冷変態(RHQT)法Nb3Al超伝導線を開発してきた。本研究では、10T級Nb3Al超伝導磁石に用いる素線とケーブルの開発を行い、論文(1)外部磁場15Tにおいて臨界電流密度が800A/mm ² 以上、論文(2)Ta母材により磁化を抑制することに成功、論文(3)ケーブリングによる外形変形時も内部の超伝導部には影響が無いことなどを実証した。	(1)	Akihiro Kikuchi, Ryuji Yamada, <u>Kivosumi Tsuchiya</u> , Tatsushi Nakamoto, Emanuela Barzi, Daniele Turrioni, <u>Ken-ichi Sasaki</u> , <u>Qingjin Xu</u> , <u>Akio Terashima</u> , Hiroyuki Takigawa, <u>Akira Yamamoto</u> , Kazuhiko Nakagawa, Takao Takeuchi, Michael Lamm, and Alexander V. Zlobin	Strand and Cable Development for a High Field Nb3Al Common Coil Magnet	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	20, 3	pp. 1428-1431,	2010	10.1109/TASC.2010.2042705	SS	物質・材料研究機構(NIMS)が発明したRHQT-Nb3Al線材は、応力・ひずみ依存性に優れたNb3Al線材の臨界電流を向上させる、ほとんど唯一の製法であり、KEKも加速器応用を目的として、NIMSと共同研究を進めてきた。最も実際に超伝導磁石での線材性能を評価するため、磁石向け超伝導素線及びラザフォードケーブルをNIMSや米国のFNALと共同で開発することに成功した。 論文(1)では、外部磁場15Tにおいて臨界電流密度が800A/mm ² 以上を達成。論文(2)では、Ta母材により磁化を抑制することに成功。論文(3)では、ケーブリングによる外形変形時も内部の超伝導部には影響が無いことなどを実証した。 2010年には、未踏科学技術協会・超伝導科学技術賞を受賞(菊地、竹内、土屋他)した。		
				(2)	<u>K. Tsuchiya</u> , A. Kikuchi, T. Takeuchi, N. Banno, Y. Iijima, S. Nimori, H. Takigawa, <u>A. Terashima</u> , <u>T. Nakamoto</u> , Y. Kuroda, M. Maruyama, T. Takao, K. Tanaka, K. Nakagawa, E. Barzi, R. Yamada, A. Zlobin, and A. Ghosh	Development of Ta-matrix Nb3Al strand and cable for high-field accelerator magnet	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	21, 3	pp. 2521-2524	2011	10.1109/TASC.2010.2098834				
				(3)	<u>K. Tsuchiya</u> , A. Kikuchi, T. Takeuchi, N. Banno, Y. Iijima, S. Nimori, H. Takigawa, A. Terashima, <u>T. Nakamoto</u> , Y. Kuroda, M. Maruyama, M. Yoshida, T. Takao, K. Nakagawa, E. Barzi, R. Yamada, and A. Zlobin	Development of Nb3Al Rutherford Cable for High-Field Accelerator Magnet Applications	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	22, 3	6000504 各ページはページ番号なし。全4ページ	2012	10.1109/TASC.2011.2176703				
2	4901	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理	本機構の共同利用である「大型シミュレーション」で採択された研究 ストレンジネスを持つハイペロンを含むハイパー核について、独自に提唱・開発した「無限小変位ガウス・ロープ法」を用いて精密計算を行い、実験結果の理論的理解が可能となった。	(1)	E. Hiyama 他	Four-body structure of neutron-rich hypernucleus ⁶ _Λ H	Nuclear Physics A	908	pp. 29-39	2013	10.1016/j.nuclphysa.2013.04.001	SS	本機構の共同利用である「大型シミュレーション」で採択された研究であり、肥山が猿橋賞(第33回2013年)を受賞した。受賞対象の研究は「量子少数多体系の精密計算法の確立とその展開」である。		○
				(2)											
				(3)											

7	5901	金属物性・材料	6N超高純度アルミニウムに関する特許 論文(1)は、6N超高純度アルミニウムを用いた極低温用伝熱材に関するものである。極低温において純度が1桁上がると熱伝導率も1桁大きくなり、小型軽量化を要求される装置では効率的に冷却が可能となる。 論文(2)は、6N超高純度アルミニウムを用いた磁気シールド材に関するものである。	(1)	都丸隆行, 佐々木憲二, 星河浩介, 田淵宏	「低温用熱伝達材」	特開2012-234938 (2012)				2011/4/28	SS	S	【学術的意義】 論文(1)は、6N高純度アルミニウムの産業的規模での量産が可能になり、その基本物性を研究した。この結果、極低温で40000 W/m Kもの大きな熱伝導率を実測され、極めて効率的な伝導冷却が可能になることが分かった。本結果を元に、すでに重力波望遠鏡やCMB望遠鏡などの科学機器で伝熱冷却材として実用化し、大きな成果を挙げている。 論文(2)は、6N高純度アルミニウムの産業的規模での量産が可能になり、その基本物性を研究した。この結果、電気伝導率の向上によりeddy currentの上昇があり、効率的に表面磁場を打ち消せることが分かった。これにより小型軽量の磁気シールドが可能になり、人工衛星などで活躍の道が開けた。 【社会、経済、文化的意義】 本研究は材料メーカーとの共同研究に基づいており、特許も申請している。超高純度アルミニウムはKEKのような基礎科学分野だけでなく、超伝導リアモーターや人工衛星などでも用途があり、最先端の産業機器にも適用出来るものである。
				(2)	都丸隆行, 佐々木憲二, 星河浩介, 田淵宏	超電導磁石用磁気遮蔽材	特開2012-234939 (2012)				2011/4/28			
				(3)										
8	6105	原子力学	中高エネルギー陽子による核破断の系統測定に関する研究 加速器を用いたがん治療等の放射線の高度利用を進めるための基礎データとなる、中高エネルギー陽子による核反応からの核破断の生成機構を解明するため、核破断の効率測定法の開発と系統測定を行う。	(1)	T. Sanami, M.Hagiwara	Target Mass Dependency of Light Mass Fragment Energy Spectra for Intermediate Energy Proton Induced Reactions	Nuclear Data Sheets	119	pp. 241-244	2014	doi:10.1016/j.nds.2014.08.066	SS	中高エネルギー陽子による核破断の系統測定に関する研究において、平成24年2月、JST原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ課題として最上位評価を受けた(論文(1),(2),(3))。 評価内容は以下の通り。 ・独自に開発してきた検出器を改良し、C, Al, O, N, Ti, Cuの6元素に対する中高エネルギー陽子入射核反応において、Li, Be, B, Cの核破断の角度・エネルギー分布を測定し、世界に先駆けて、約300の二重微分断面データを得るなど、極めて優れた成果を挙げている。 ・上記基礎データは中高エネルギー陽子による核反応からの核破断の生成機構の解明に資するものであり、研究成果を学術誌で公表し、核破断測定分野で世界をリードして欲しい。 ・IAEAのデータベース(CINDA/EXFOR)へのデータ登録が開始され、国際的な寄与が期待されている。	
				(2)	T. Sanami, M.Hagiwara, H.Iwase 他8名	Fragment DDX Measurement of Proton Induced Reactions on Light-medium Nuclei for Energy Range from Freaction Threshold to a Few Hundred MeV.	Journal of the Korean Physical Society	59,2	pp. 1805-1808	2011	10.3938/jkps.59.1805			
				(3)	T. Sanami, M.Hagiwara, H.Iwase 他10名	Experimental studies of light fragment production coross section for nucleon induced reaction at intermediate energies	2010 Symposium of Nuclear Data, Kyushu Univ. Japan, Nov.25-26, 2010		JAEA Conf 2011-2, pp. 59-64	2010, Proceedings は 2011年	10.11484/JAEA-Conf-2011-002 (これは当該論文を含む Proceedings に付けられた doi であり、この論文だけに付与されてものではない)			
9	6105	原子力学	陽子加速器施設や宇宙環境における放射線の物質・生体影響に関する研究 陽子加速器施設や宇宙環境における半導体機器のソフトエラー(放射線入射によりメモリーの記録内容が変わること)や材料損傷の発生機構の解明や被ばく線量評価に重要な数10MeV核子に対するフラグメント生成の核反応断面積を世界で初めて系統的に取得した。照射量と放射線影響の関係を微視的にとらえ、物理過程に基づく評価モデルを構築するため、本実験値を基にフランス原子力庁(CEA)サクレー研究所と共同で核反応モデルの開発を行った。	(1)	M. Hagiwara, T. Sanami 他3名	Differential cross sections on fragment ($2 \leq Z \leq 9$) production for carbon, aluminum and silicon induced by tens-of-MeV proton	Journal of Nuclear Science and Technology	49,6	pp. 571-587	2012	10.1080/00223131.2012.686742	SS	論文(1)は、半導体機器のソフトエラーや被ばく線量評価等に重要な数10MeV核子に対するフラグメント生成の微分断面積を世界で初めて系統的に取得したという内容の論文であり、平成23年度日本原子力学会賞(論文賞)を受賞している。論文(2)は、フラグメント生成の微分断面積の測定や理論に関する最近の進展についてまとめたもので、平成25年度核データ研究会にて招待講演を行っている。 本研究で得られた核反応断面積データは、半導体のソフトエラーの解明、人体線量や材料損傷評価の基礎データ並びに核反応モデル改良のための標準データになり得るもので、国際原子力機関(IAEA)や米国ロスアラモス国立研究所からデータの提供を依頼され、計算モデル開発の参照データとして提供している。	
				(2)	M. Hagiwara, T. Sanami 他5名	Recent Progress in Experimental and Theoretical Studies of Proton-induced Fragment Cross Section at Intermediate Energies	2013 Symposium of Nuclear Data, Univ. Fukui, Japan, Nov.14-15, 2013		JAEA Conf 2014-2. pp. 63-68	2013, Proceedings は 2014年	10.11484/JAEA-Conf-2014-002 (Proceedings に付けられた doi であり、この論文だけに付与されてものではない)			
				(3)										

10	6105	原子力学	放射線に関する総合的なシミュレーションコードを国産のものとして構築する研究 放射線が物質の中をどのように動いてゆくかは、観測が基本であるが、さまざまなシミュレーションによる研究も重要である。	(1)	T.Sato, H.Iwase,他14名	Particle and heavy ion transport code system, PHITS, version 2.52	Journal of Nuclear Science and Technology	50,9	pp. 913-923	2013	10.1080/00223131.2013.814553	SS	SS	【学術的意義】 長年にわたる多様な放射線に適用可能な国産の放射線輸送計算コードが望まれる中で、従来の国産コードを統合し、その性能を飛躍的に向上させることにより、新たな国産モンテカルロコードPHITSを完成させた。適応放射線の多様性、高い計算精度と信頼性、多様な計算機能、優れた操作性などの特徴により、PHITSは加速器や原子力施設の設計、放射線防護・治療に於ける線量評価、宇宙線挙動解析や半導体工学などの極めて多岐にわたる分野で利用されている。また、その普及にも尽力しており、充実したサポート体制も確立されている。これらの点が評価されて、平成25年度原子力学会特賞・技術賞を受賞した。さらに、これに関する論文は Thomson-Reuters社の Web of Science で「過去 2 年間に出版され、5月/6月 2015 に Engineering のアカデミックフィールドの上位 0.1 % の論文にランクされる十分な引用が行われました」との論評がなされた。 【社会、経済、文化的意義】 従来、放射線輸送計算コードは、日本国内においても米国産のコードを使うのが一般的であった。しかし、米国産のコードは、米政府の方針により米国外への配布が禁止されたことがあり、その結果、国内の原子力や放射線利用に関わる研究が一時的に停滞した。したがって、本研究の完遂により、我が国における原子力や放射線利用に関わる研究開発を安定して実施することが可能となった。除染による線量率低減の評価、核燃料輸送物遮蔽解析、CT診断時の線量評価、陽子線治療時の線量評価など、社会の中の放射線に関連する幅広い問題に利用されている。
				(2)										
				(3)										
11	6105	原子力学	福島第一原子力発電所事故の影響調査、復旧に関わる共通基盤研究施設・放射線科学センターの取り組み 原発事故直後の放射線測定に関する研究である。福島県内の高速道路上の随所で放射能測定を行い、放射能飛来の状況や汚染の状況を直接明らかにした。KEKつくばキャンパスでは、放射線監視装置を用いて原発事故由来の放射線の連続測定を行い、ホームページを通してリアルタイムに線量率変化を公表した。	(1)	H. Matsumura, K. Saito, J. Ishioka, Y. Uwamino	高速道路上のガンマ線測定により得られた福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質の拡散状況	日本原子力学会和文論文誌	10(3)	pp. 152-162	2011	10.3327/taesj.J11.004	SS	放射線科学センターでは、福島第一原発事故発生直後の3月14日には、福島県庁からの要請により放射線測定器や防護服等の緊急物資を送り、測定支援として2名の研究者を派遣した。この2名は、物資運搬の途中で高速道路上の随所で放射能測定を行い、福島県における高速道路上の放射能飛来の状況や汚染の状況を直接明らかにした(論文(1))。一方、KEKつくばキャンパスでは、同日から停電を免れた放射線監視装置を用いて原発事故由来の放射線の連続測定を開始し、ホームページでリアルタイムに線量率変化を公表して一般公衆への線量率データの提供の先駆けとなった。気体状RIやその崩壊娘核である放射性ヨウ素やセシウムが認められており、ブルームの移動、降雨による放出RIの沈着の様子がリアルタイムで観測された(論文(2))。論文(3)はモニタリングポストのデータから福島県内のI-131濃度を推定し、日本原子力学会保健物理・環境科学部会賞を受賞した。	
				(2)	佐波俊哉, 佐々木慎二, 飯島和彦, 岸本祐二, 齋藤究	茨城県つくば市における福島第一原子力発電所の事故由来の線量率とガンマ線スペクトルの経時変化	日本原子力学会和文論文誌	10(3)	pp. 163-169	2011	10.3327/taesj.J11.024			
				(3)	平山英夫, 松村宏, 波戸芳仁, 佐波俊哉,	福島県モニタリングポストのNaI(Tl)波高分布データを用いた空気中I-131放射能濃度時間変化の推定	日本原子力学会和文論文誌	14(1)	pp. 1-11	2015	10.3327/taesj.J14.027			