

平成29年度科学研究費助成事業（特別推進研究）自己評価書
〔追跡評価用〕

平成29年 4月17日現在

研究代表者 氏名	清水 肇	所属研究機関・ 部局・職 (研究期間終了時)	東北大学・電子光理学研究センター・ 教授
研究課題名	光子ビームによるクォーク核物理の研究		
課題番号	19002003	研究期間	平成19年度～平成23年度
研究組織 (研究期間終了時)	研究代表者 清水 肇（東北大学・電子光理学研究センター・教授） 研究分担者 石川 貴嗣（東北大学・電子光理学研究センター・助教） 山崎 寛仁（東北大学・電子光理学研究センター・助教） 宮部 学（東北大学・電子光理学研究センター・助教）		

【補助金交付額】（研究期間全体）（直接経費）： 341,500 千円

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか

特別推進研究によってなされた研究が、どのように発展しているか、次の(1)~(4)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究の概要

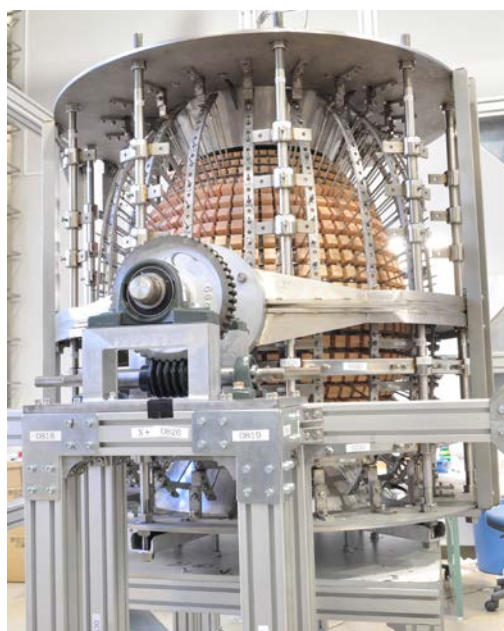
(研究期間終了後における研究の実施状況及び研究の発展過程がわかるような具体的内容を記述してください。)

本研究における主要検出器は2つの4 π 電磁カロリメータ FOREST (総重量約5t)とBGOegg (クリスタル部の重量約2t)であった。5年の研究期間の最後の1年を前にして東日本大震災に見舞われ、FORESTは損壊した。FORESTそのものの復旧にはその後約1年を費やした。一方、1320本のBGOクリスタルは奇跡的に難を逃れ、BGOeggは震災後完成した。このような状況の中で、本研究グループは、加速器をもつ研究施設の一員として、壊滅的な被害を受けた加速器施設の震災復興作業と並行して、歯を食いしばって研究を推し進めた。(震災復興作業は、一部破壊された加速器の撤去・新設などを含め、約2年半を要した。)

BGOeggは、クォーク核物理研究のために我が国に初めて建設された本格的4 π 電磁カロリメータであり、GeV領域の γ 線エネルギー分解能1.3%@1GeV、及び γ 線に崩壊する中性メソンの質量分解能、共に世界最高を示している。研究期間終了1年後の2012年12月(震災復興作業の真っ只中)に東北大学電子光学研究センターにおいて全クリスタルの設置・固定を完了し、それと同時にBGOeggをSPring-8に搬出した。それから、SPring-8において1320本の光子検出器の装着やケーブル張り、回路の組立などを行った。2013年度最後のSPring-8ビームタイムを12月に行った後に、2014年4月より、BGOeggはSPring-8/LEPS2専用ビームライン上で本格稼働に入った。

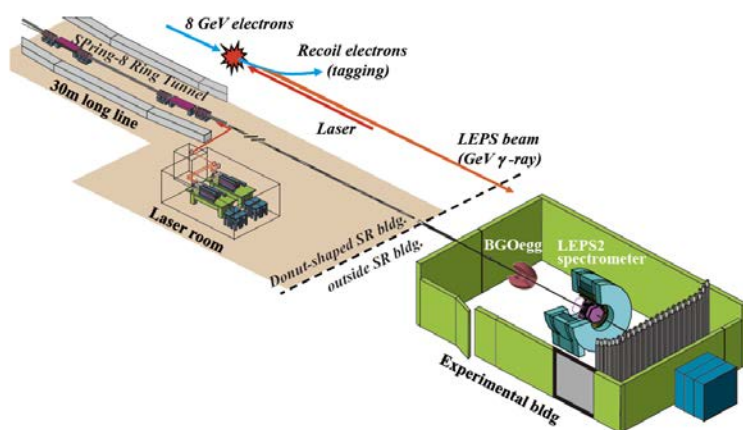
本特別推進研究は、共同利用・共同研究拠点における「拠点間連携研究プロジェクト」という新しい取り組みとして発展し、東北大学電子光学研究拠点と大阪大学サブアトム科学研究拠点とが連携することによって初めて切り拓かれる独創的研究への展開を見せている。サブアトム科学研究拠点である大阪大学核物理研究センターがSPring-8で共同利用に供するレーザー電子光ビームは、ほぼ100%の直線偏光を供給するのみならず、低エネルギー成分が少ない世界で最も「きれいな」GeV領域の光子ビームを実現している。一方、特別推進研究で建設されたBGOeggは、東北大学電子光学研究センターの基幹検出器としてGeV領域に於ける世界最高のエネルギー分解能・質量分解能をもつ電磁カロリメータである。これらを組み合わせることによって、今、世界最高のクォーク核物理研究環境が整いつつある。

ここに、拠点間連携研究プロジェクトにおける特徴的なクォーク核物理研究の一つの例を挙げる。BGOeggの完成により、これまででできなかった測定が可能となった。質量が958MeVの η' メソンの自由空間に於ける質量幅は197keVであるが、原子核内部では20MeV程度に増大するという最近のCBELSA/TAPS実験報告がある。この核内 η' メソンの電磁崩壊 $\eta' \rightarrow \gamma\gamma$ を20MeV以下の質量分解能をもって測定することによって原子核媒質中を



建設中のBGOegg

伝播する η' メソンのスペクトル関数を得ることができる。これは、BGOegg以外の電磁カロリメータではできない測定である。擬スカラーメソン一重項 η_0 の成分を殆ど担う η' メソンの核内 $\gamma\gamma$ 崩壊を調べることによって、原子核内部におけるQCDカイラル相転移前駆現象の研究や $U_A(1)$ 対称性とカイラル対称性の関係を実験的に解明する新たな研究の始まりである。既に、炭素標的や液体水素標的によるデータを取得し、次にCu標的によるデータ収集の準備が行われている。



拠点間連携研究 LEPS2-BGOegg プロジェクト

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(2) 論文発表、国際会議等への招待講演における発表など（研究の発展過程でなされた研究成果の発表状況を記述してください。）

本研究は、研究期間終了後、拠点間連携研究プロジェクト(LEPS2-BGOegg project)として発展し、現在進行中である。東北大学チームでは村松憲仁准教授、及び時安敦史助教が新たに加わった。国際会議等への招待講演は次の通りである。

- T. Ishikawa, " π^0 and η photoproduction on the deuteron at ELPH"
the 20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics
Fukuoka, Aug. 20-25, 2012.
- N. Muramatsu, "Recent Progress and Results of LEPS, LEPS2, and ELPH"
the 20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics
Fukuoka, Aug. 20-25, 2012.
- M. Miyabe, "Recent results from LEPS and ELPH"
the 8th China-Japan Joint Nuclear Physics Symposium (CJNPS2012)
Beijing, China, Oct. 15-19, 2012.
- H. Shimizu, "Physics Programs at ELPH-Tohoku"
International School for Strangeness Nuclear Physics
J-PARC, Tokai and Tohoku University, Sendai, Feb. 14-20, 2013.
- N. Muramatsu, "First Beam Observation and Near Future Plans at SPring-8 LEPS2 Experiment"
International Conference on the Structure of Baryons
Glasgow, Scotland, June 24-28, 2013.
- M. Miyabe, "Recent result of LEPS and prospects of LEPS2"
International Workshop XLII on Gross Properties of Nuclei and Nuclear Excitations
Hirschegg, Kleinwalsertal, Austria, Jan. 12 - 18, 2014.
- H. Shimizu, "Experiments at ELPH/Sendai before and after the disaster"
14th International workshop on the physics of excited nucleons (NSTAR2013)
Peniscola, Valencia, Spain, May 27-30, 2013.
Proceedings: International Journal of Modern Physics 26 (2014) 1460092.
- T. Ishikawa, "Baryon spectroscopy at ELPH and LEPS2", APS-JPS Joint Meeting
Hawaii, USA, Oct. 7-11, 2014.
- H. Shimizu, "Peculiar Physics by Intense Gamma Rays",
International Workshop of Laser Compton Scatter Gamma Rays at Electron Storage Rings
Saskatoon, Canada, Nov. 7-11, 2014.
- T. Ishikawa, "Meson photoproduction experiments at ELPH, Tohoku University"
the 10th International Workshop on the Physics of Exited Nucleons
Suita, May 25-28, 2015.
- H. Shimizu, "BGOegg experiments at LEPS2"
YITP Workshop 'Meson in nucleus 2016'
Yukawa Institute, Kyoto, July 31-Aug. 2, 2016.

その他の解説など

- N. Muramatsu, "GeV Photon Beams for Nuclear/Particle Physics"
Monograph papers 'Laser Compton Scatter Photon Beam Facilities—Techniques and Applications
in Basic and Applied Science' edited by C. Rangacharyulu and S. Date
World Scientific (2012) arXiv 1201.4094.
- H. Shimizu and N. Muramatsu, "Virtual Institute for Quark Nuclear Physics at SPring-8/LEPS2"
Nuclear Physics News 27 (2017) 19-22.

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(3) 研究費の取得状況（研究代表者として取得したもののみ）

- **基盤研究（A）H24-H26 「カイラル対称性と $U_A(1)$ 問題」課題番号：24244022 直接経費：35,900千円**
この研究は、 4π 電磁カロリメータ BGOegg を駆使して、強い相互作用の真空（QCD 真空）のカイラル相転移前駆現象を新たな手法で捉えると共に $U_A(1)$ 問題などのクォーク核物理の諸問題解決に挑むものである。原子核内 η' メソンの $\gamma\gamma$ 崩壊を捉え、核媒質中を伝播する η' メソンのスペクトル関数を測定することを目指し、BGOegg の世界最高の性能を引き出すことに成功した。

(4) 特別推進研究の研究成果を背景に生み出された新たな発見・知見

本特別推進研究では、電磁カロリメータを駆使してペンタクォークバリオンを始めとするハドロンの構造を調べることを目的とした。ハドロンの構造解明は、強い相互作用の非摂動領域の現象を究明することであり、難解な研究課題であるが、非摂動的に決められた QCD 真空の性質を調べることと同義である。本研究を通して、新たな実験的側面からこの問題に挑む道が拓けた。これは、非常に分解能の良い 4π 電磁カロリメータ BGOegg によって初めて拓かれる研究である。

- **核媒質中の擬スカラーメソン η' のスペクトル関数の測定による QCD 真空の研究への発展**
超高密度状態に於ける QCD カイラル相転移を研究するために、原子核中のメソンの性質変化を捉えようとする実験研究がこれまで行われてきた。原子核内部は、宇宙開闢後間もない頃の宇宙の密度に匹敵するほどの超高密度状態であり、その中に生成されたメソンの性質変化を捉えることで QCD 真空の性質を調べようとするものである。そのためには、原子核内部で崩壊するメソンを捉える必要があり、且つ崩壊の終状態に強い相互作用をするハドロンを含まないことが望ましい。このため、レプトン対に電磁崩壊可能なベクトルメソン ($\rho^0, \omega, \phi, \dots$) が主として研究対象となっていた。しかし、電子-陽電子対の輻射テールの問題などもあり、現時点で誰もが納得する結論には至っていない。擬スカラーメソンの場合は、 $\gamma\gamma$ への電磁崩壊が可能であるが、 π, K, η 擬スカラーメソンは南部ゴールドストーン (NG) ボゾンと考えられており、核媒質中での性質変化は小さいと予想される。その中で、 η' メソンは、 $U_A(1)$ アノマリーのために他の擬スカラーメソンとはかけ離れた大きな質量をもっており、NG ボゾンではない。原子核中の η' メソンの性質変化を調べることにより、QCD 真空に関する議論が展開でき、しかも輻射テールの問題はない。
- **核媒質中の擬スカラーメソン η' の崩壊チャンネルの変化を捉える研究**
BGOegg による $\eta' \rightarrow \pi^0\pi^0\eta \rightarrow 6\gamma$ チャンネルにおける η' メソンの測定質量幅は現時点で 6.4MeV 程度であり、 $\sigma_m/m(\eta')=0.67\%$ という世界最高の質量分解能を示している。このチャンネルの $\pi^0\pi^0\eta$ 位相空間は比較的狭いので、核媒質中を伝播する η' メソンのスペクトル関数が変化すれば、 $\pi^0\pi^0\eta$ 事象は大きな影響を受ける。 $\pi^0\pi^0\eta$ 事象の運動量依存性にこの兆しが現れている。
- **カイラル対称性と $U_A(1)$ 対称性の関係に関する研究**
元々 $U_A(1)$ アノマリーはグルーオン場の量子効果によって生じるのであって、クォークフレーバー空間におけるカイラル対称性との関係は直接的ではない。(NJL モデルによる研究では 6 クォーク相互作用を導入して $U_A(1)$ 対称性を破っているが、これはグルーオン場の量子効果とは直接関係しない。)しかし、「対称性」の観点を重視すれば、カイラル対称性が回復した暁には、 $U_A(1)$ 対称性も回復しなければならないことになる。BGOegg の導入により、QCD 真空の研究と共にこの問題にも同時に取り組むことができる。
- **核媒質中のスカラーメソン σ のスペクトル関数の測定**
QCD カイラル相転移の秩序変数に密接に関わるスカラーメソン σ の原子核内 $\sigma \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊事象を捉える研究に発展する。スカラーメソン σ 自身の質量幅は非常に大きい、この測定では、バックグラウンド事象の同定が実験のほぼ 100%を占める。ここでも BGOegg がその威力を発揮すると期待される。

2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況

特別推進研究の研究成果が他の研究者に活用された状況について、次の(1)、(2)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 学界への貢献の状況（学術研究へのインパクト及び関連領域のその後の動向、関連領域への関わり等）

- 核物理分野への貢献

本研究で建設された BGOegg は、我が国における核物理分野に初めて導入された本格的 4π 電磁カロリメータであり、研究期間が終了した後は、東北大学電子光物理学研究拠点の共同利用・共同研究に供されている。そして、現在は、大阪大学サブアトムック科学研究拠点との拠点間連携研究プロジェクトの基幹検出器として SPring-8/LEPS2 ビームラインに移設し、国際共同研究に供されている。

- 大型研究計画マスタープラン（日本学術会議）に認定

日本学術会議は、3年に一度程度の頻度で「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」と称する提言を策定している。「光子ビームによるクォーク核物理研究計画」は、第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2014）（平成 26 年 2 月 28 日）、及び第 23 期（マスタープラン 2017）（平成 29 年 2 月 8 日）の連続 2 度にわたって、QCD 真空とハドロン構造を究明する大型研究計画として認められている。この計画は、核物理分野から選ばれた 4 件の内の一つである。

<マスタープラン 2014>

◇ 計画番号： 87

◇ 学術領域番号：23-2

◇ 計画名称：光子ビームによるクォーク核物理研究

◇ 計画の概要：光子ビームによるクォーク核物理研究を推進し、量子色力学真空とハドロン内クォーク相関を究明する。東北大学電子光物理学研究拠点と大阪大学サブアトムック科学研究拠点との拠点間連携研究計画である。

<マスタープラン 2017>

◇ 計画番号： 59

◇ 学術領域番号：23-2

◇ 計画名称：光子ビームによるクォーク核物理研究計画

◇ 計画の概要：光子ビームによるクォーク核物理研究を推進し、QCD 真空とハドロン構造を究明する。東北大学電子光物理学研究拠点と大阪大学サブアトムック科学研究拠点との拠点間連携研究計画である。

2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況（続き）

(2) 論文引用状況（上位10報程度を記述してください。）

【研究期間中に発表した論文】

No	論文名・著者名・発行年・ページ数等	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Measurement of the $\bar{\gamma}p \rightarrow K^+\Lambda$ reaction at backward angles, K. Hicks, et al., Phys. Rev. C76 (2007) 042201(R).	直線偏向の LEPS ビームを用いた $\bar{\gamma}p \rightarrow K^+\Lambda$ 反応における後方放出 K^+ の微分断面積、及びビーム非対称度の測定。反応のメカニズムとバリオン共鳴状態についての議論。	26
2	Cross Sections and Beam Asymmetry for $K^+\Sigma^{*-}$ Photoproduction from the Deuteron at $E_\gamma=1.5\text{-}2.4$ GeV, K. Hicks, et al., Phys. Rev. Lett. 102 (2009) 012501.	重陽子を標的とする Σ^{*-} 光生成の微分断面積、及びビーム非対称度の初測定。 Σ^{*-} 光生成に複数のバリオン共鳴が関与していることを示唆。また、 K^* 交換過程が著しく抑制されていることを発見。	19
3	Evidence for the Θ^+ in the $\gamma d \rightarrow K^+K^-pn$ reaction by detecting K^+K^- pairs, T. Nakano, et al., Phys. Rev. C79(2009)025210.	ペンタクォークバリオン Θ^+ 検出の続編。統計を8倍に増やし、新たに開発した傍観核子最小運動量近似 (MMSA) を用いた解析により、 $\Lambda(1520)$ に対する Θ^+ の生成率 0.16 ± 0.03 を導出。	96
4	Near-Threshold Photoproduction of $\Lambda(1520)$ from Protons and Deuterons, N. Muramatsu et al., Phys. Rev. Lett. 103(2009)012001.	陽子及び重陽子標的を用いて $\Lambda(1520)$ 光生成反応の陽子と中性子の違いを詳細に調べ、 K^-p チャンネルにおいて中性子標的の場合の生成率が著しく抑制されることを発見。接触項の重要性を示唆。	19
5	Backward-angle η photoproduction from protons at $E_\gamma=1.6\text{-}2.4$ GeV, M. Sumihama et al., Phys. Rev. C 80 (2009) 052201(R).	$\gamma p \rightarrow pX$ 反応における前方放出陽子の欠損質量分布 ($X = \pi^0, \eta, \omega, \eta'$) の測定。 η についてのみ $W = 2\text{GeV}$ に明瞭なバンプが現れた。大きな $s\bar{s}$ 成分を持ち、 ηN に強く結合するバリオン共鳴の可能性を示唆。	24
6	EM calorimeter complex FOREST for the π^0 and η photo-production experiments at LNS-Sendai, K. Suzuki et al., Mod. Phys. Lett. A24 (2009) 978.	電磁カロリメータ FOREST が建設され、稼働を始めた。全立体角の90%を覆う。データ収集システムも整い、2kHzのトリガー条件の下で76%のデータ収集効率を得た。	5
7	Measurement of the incoherent $\gamma d \rightarrow \phi pn$ photoproduction near threshold, W.C. Chang et. al., Phys. Lett. B684 (2010) 6.	重水素を標的とする非干渉性 ϕ 光生成反応における前方微分断面積、及び ϕ メソン崩壊非対称度の測定。重陽子中の核子に対する ϕ メソンの崩壊非対称度は自由空間の核子と変わらないが、光生成率は著しく減少。原子核中の $\phi - N$ 相互作用の再検討を示唆。	13
8	Measurement of spin-density matrix elements for ϕ -meson photoproduction from protons and deuterons near threshold, W.C. Chang et. al., Phys. Rev. C82 (2010) 015205.	直線偏向の LEPS ビームを用いた ϕ メソン生成のスピン密度行列の測定。陽子を標的とする ϕ メソン光生成反応の微分断面積の $E_\gamma = 2\text{GeV}$ に現れたバンプは重陽子中の核子に対しても見られ、 π, η 交換の干渉効果を否定。	13
9	The second GeV tagged photon beamline at ELPH, T. Ishikawa et. al., Nucl. Instr. Meth. A622 (2010) 1.	FOREST 実験のために、電子光物理学センター 1.2GeV 電子シンクロトロンに整備した第2のエネルギー標識化光子ビームラインの詳細な説明。	9
10	Near-Threshold $\Lambda(1520)$ Production by the $\bar{\gamma}p \rightarrow K^+\Lambda(1520)$ Reaction at Forward K^+ Angles, H. Kohri, et al., Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 172001.	$\bar{\gamma}p \rightarrow K^+\Lambda(1520)$ 反応の微分断面積、及びビーム非対称度の測定。 K^+ 前方微分断面積の $W = 2.11\text{GeV}$ に明確なバンプを発見。新バリオン共鳴か或いは ϕ 光生成反応との干渉効果を示唆。	27

【研究期間終了後に発表した論文】

No	論文名・著者名・発行年・ページ数等	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	A detailed test of a BSO calorimeter with 100-800 MeV positrons, T. Ishikawa et al., Nucl. Instr. Meth. A694 (2012) 348.	世界最大のBSO単結晶の開発とその性能評価に関する詳細な報告論文。電子光物理学研究センターの陽電子ビームを使い、エネルギー分解能を評価し、1GeV入射に対するエネルギー分解能1.7%を得た。	9
2	Spin-Density Matrix Elements for $\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$ at $E_\gamma=1.85-3.0$ GeV with Evidence for the $\kappa(800)$ Meson Exchange, S.H. Hwang et al., Phys. Rev. Lett. 108 (2012) 092001.	$\gamma p \rightarrow K^0 \Sigma^+$ 反応に対するスピン密度行列の測定。その組み合わせで定義されるパリティスピン非対称度 P_0 を導出し、スカラーメソン κ の存在を強く示唆。	12
3	π^0 and η Photoproduction on the Deuteron at ELPH, Tohoku University, T. Ishikawa et al., Few-Body systems 54 (2013) 1047.	重陽子中の中性を標的とする π^0 及び η メソンの反応断面積の測定。 ηN チャンネルの全断面積にペンタクォークバリオンのメンバー $N^*(1670)$ に対応する明確なバンプを観測。	3
4	Development of high intensity laser-electron photon beams up to 2.9 GeV at the SPring-8 LEPS beamline, N. Muramatsu et al., Nucl. Instr. Meth. A737 (2014) 184.	2本のレーザーを同時入射することによって、SPring-8/LEPSビームラインにおけるGeV領域レーザー電子光のビーム強度を増強した。	14
5	Search for the K^-pp bound state via $\gamma d \rightarrow K^+ \pi^- X$ reaction at $E_\gamma = 1.5-2.4$ GeV, A.O. Tokiyasu et al., Phys. Lett. B728 (2014) 616.	$\gamma d \rightarrow K^+ \pi^- X$ 反応によって、 K^-pp の束縛状態を探索する実験の報告。 $\bar{K}NN$ システムでは、強い束縛状態が出現するという理論予想があるが、本実験ではその兆候を捉えることはできなかった。	29
6	A fast profile monitor with scintillating fiber hodoscopes for high-intensity photon beams, T. Ishikawa et al., Nucl. Instr. Meth. A811 (2016) 124.	シンチレーションファイバーと薄いアルミ板でGeV領域光子ビームのプロファイルをモニターする装置の開発。高速回路を導入し、20MHzの強度の光子ビームのプロファイル測定に成功。	2
7	The FOREST detector for meson photoproduction experiments at ELPH, T. Ishikawa et al., Nucl. Instr. Meth. A832 (2016) 108.	電磁カロリメータFORESTの詳細な性能を説明した技術論文。	1
8	Testing a prototype BGO calorimeter with 100-800 MeV positron beams, T. Ishikawa et al., Nucl. Instr. Meth. A837 (2016) 109.	電磁カロリメータBGOeggの基本性能に関する測定結果の報告。1GeV光子に対して、エネルギー分解能は世界最高の1.3%、位置分解能は3.1mmを得た。	0
9	Interference Effect between ϕ and $\Lambda(1520)$ Production Channels in the $\gamma p \rightarrow K^+ K^- p$ Reaction near Threshold, S. Y. Ryu et al., Phys. Rev. Lett. 116 (2016) 232001-1-6.	$\gamma p \rightarrow K^+ K^- p$ 反応の測定における2つの振幅 $\phi \rightarrow K^+ K^-$ 及び $\Lambda(1520) \rightarrow K^- p$ の干渉効果の研究。 ϕ 光生成反応前方微分断面積の $W = 2.1$ GeVに現れたバンプにはこの干渉効果は効かないことが判明。	1
10	A study of event mixing for two-pion Bose-Einstein correlations in the $\gamma p \rightarrow \pi^0 \pi^0 p$ reaction, Q. He et al., Prog. Theor. Exp. Phys. (2017) 033D02.	FOREST実験において得られた $\pi^0 \pi^0$ 事象を用いて、ボーズ・アインシュタイン相関を利用した強い相互作用による $\Delta(1232)$ バリオンの半径測定に向けた研究。低エネルギー領域で初めての試み。	0

3. その他、効果・効用等の評価に関する情報

次の(1)、(2)の項目ごとに、該当する内容について具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究成果の社会への還元状況（社会への還元の程度、内容、実用化の有無は問いません。）

- 社会的・文化的意義

物質とは何か真空とは何かを探究する学術的研究は、人類共通の疑問に対する答えを求めるもので、人類の知の創造の一翼を担う。この観点からすれば、先ず第一に、このような学術的研究自体が社会的・文化的意義をもつ。更に、本研究のような実験によって未踏領域を切り拓く研究では、常に最先端の実験技術や測定器材料の開拓が必要であり、これらは関連企業を通して社会との連携の下で進められている。そこで開発された新技術は長期的には人類の日常生活に応用される。例えば、今回の計画では、複数のビームラインで様々に実験セットアップを変えながら実験を行うために、実験条件や規模の変化に柔軟に対応できる使いやすい回路システムを構築した。このような技術は、今や豊かで安全な社会の発展のために欠くことができない衛星の設計に応用され始めている。

- 人材育成

本研究は国際共同研究に発展している。それは、異なる習慣や宗教を乗り越えて行われる共同作業であり、国際性豊かな人材育成に資するものである。そして、我が国がこのような場を提供していることは、国際社会における信頼と尊敬を受けることに繋がる。

- 一般市民・学生向け講座

本研究は、加速器を用いて行う研究であるので、随時一般市民向け・学生向け加速器施設見学会を開催し、講演や体験コーナー等を用意して啓蒙に努めた。

◇ 加速器科学セミナー	2013年2月13日	15名
◇ ストレンジネス核物理国際スクール	2013年2月20日	54名
◇ 加速器を使った原子核・素粒子実験実習スクール	2013年2月28日	8名
◇ ストレンジネス核物理国際スクール	2014年2月19日	46名
◇ 加速器科学セミナー	2014年2月20日	13名
◇ 仙台市太白少年少女発明クラブ	2014年9月20日	68名
◇ 加速器科学セミナー	2015年2月16日	10名
◇ 夏休み大学探検 2015（中学生対象）	2015年8月5日	13名
◇ ストレンジネス核物理国際スクール	2015年8月31日	28名
◇ 加速器施設一般公開	2015年10月24日	151名
◇ 加速器実習スクール	2015年12月24日	6名
◇ 加速器実習スクール	2016年2月22日	6名

3. その他、効果・効用等の評価に関する情報（続き）

(2) 研究計画に関与した若手研究者の成長の状況（助教やポスドク等の研究終了後の動向を記述してください。）

- 本研究経費で雇用した若手研究者
本研究経費で雇用した若手研究者は、研究助教1名であった。この研究助教は、本研究の実質の研究期間であった4年間を本研究グループの一員として活躍し、震災直後に医科大学の物理学担当講師に就任した。現在は、同大学の准教授として活躍している。
- 研究グループ内助教の移動
本研究の初期段階から土台を支えた助教二名の内の一名は、現在、KEKの准教授として活躍している。その後任として震災後の最も辛い時期に着任してグループに加わった助教は、BGOegg建設の現場責任者として活躍し、現在も拠点間連携研究プロジェクトを牽引している。
- 博士課程大学院生
本特別推進研究に直接関わって修士号を取得した大学院生は15名。博士号を取得したのは5名で、それぞれ、KEK特任助教、若狭湾エネルギー研究センター研究員、中国科学院流体物理学研究所助教、名古屋大学理学研究科助教、及び東北大学電子光理学研究センター助教として、全員が研究職に就き各方面で活躍している。