

様式6 (第15条第1項関係)

平成30年4月9日

独立行政法人
日本学術振興会理事長 殿

研究機関の設置者の所在地	〒990-8560 山形県山形市小白川町1-4-12	
研究機関の設置者の名称	国立大学法人山形大学	
代表者の職名・氏名	学長 小山 清人 (記名押印)	
代表研究機関名及び機関コード	山形大学	11501

平成29年度戦略的国際研究交流推進事業費補助金
実績報告書

戦略的国際研究交流推進事業費補助金取扱要領第15条第1項の規定により、実績報告書を提出します。

整理番号	R2902	補助事業の完了日	平成30年3月31日	関連研究分野 (分科細目コード)	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理(実験) (4902)
補助事業名(採択年度)				補助金支出額(別紙のとおり)	
大型偏極標的によるクォークグーオンレベルでの核子のスピン構造の研究(平成29年度)				18,670,000円	

代表研究機関以外の協力機関
中部大学、宮崎大学、高エネルギー加速器研究機構(KEK)

海外の連携機関
CERN、CEA Saclay(Saclay原子力庁センター)、Bochum大学、Trino大学

1. 事業実施主体

フリガナ 担当研究者氏名	所属機関	所属部局	職名	専門分野
主担当研究者 イワタ タカヒロ 岩田 高広	山形大学	理学部	教授	素粒子実験
担当研究者 マツダ タツロウ 松田 達郎	宮崎大学	工学部	教授	素粒子実験
ミヤチ ヨシユキ 宮地 義之	山形大学	理学部	准教授	素粒子実験
イシモト シンヂ 石元 茂	KEK	素粒子原子核研究所	研究支援員	素粒子実験
スズキ ハジメ 鈴木 肇	中部大学	工学部	教授	プラズマ物理
ホリカワ ナオアキ 堀川 直顕	中部大学	工学部	教育支援員	素粒子実験
計 6名				

フリガナ 連絡担当者	所属部局・職名	連絡先(電話番号、e-mailアドレス)
シノツカ キョウユキ 篠塚 清幸	企画部研究支援課 副課長	Tel:023-628-4839 e-mail:k-kenkyu@jm.kj.yamagata-u.ac.jp

※2頁以降は、交付決定を受けた時点の事業計画の項目に合わせて必要に応じて修正すること。

2. 本年度の実績概要

本年度は 2018 年度に予定される偏極ドレルヤン測定のための準備を CERN で行った。具体的に、(1) 大型水素標的システムおよび反跳陽子検出器の撤去、(2) 大型偏極標的の設置、(3) ハドロンアブソーバーの設置、などの作業を行った。

これらのために、堂下典弘助教、近藤薫助教、大学院生の糠塚元気を CERN に派遣した。

(1) 大型水素標的システムおよび反跳陽子検出器の撤去

2016 年から 2017 年 10 月まで行っていた GPD 測定に利用していた大型水素標的システムとそれを取り囲んでいた反跳陽子検出器を撤去した。水素標的システムは本システムの責任者でもある堂下の指示の下で慎重に取り外され、別室に格納された。また、フランス・サックレーグループが責任を持つ反跳陽子検出器も水素標的システムとの干渉に注意し、損傷なく取り外された。

(2) 大型偏極標的の設置

標的領域のスペースが空いたのち、偏極標的の設置を行った。超伝導電磁石、希釈冷凍器は堂下、偏極度測定システムは近藤が、マイクロ波システムは糠塚が中心となり作業を進めた。非常に大がかりな作業のため、CERN の G. Mallot 研究員の指示による CERN の技術スタッフの助力や COMPASS 共同研究メンバーの助けを借りた。また、堂下、近藤、糠塚の指導を受け、山形大学の学部生もこの作業に加わった。結局、3 月初旬には液体窒素による予備冷却ができるまで準備が進み、来年度の測定には支障が無いところまでになった。

(3) ハドロンアブソーバーの設置

偏極標的の設置後、標的と下流側の粒子検出器の限られたスペースにドレルヤン測定に必要なハドロンアブソーバーを設置した。本装置はイタリアのトリノグループが責任を持っているが、偏極標的との干渉が大きいので、堂下も作業に協力した。

日本国内での活動

日本国内では以下のような研究活動を行った。

(1) 山形大学において「核子構造」に関する国際シンポジウムを開催。

外国人 5 名を含む、およそ 30 名が参加し、核子スピンの起源、陽子のサイズのパズルなどに関して議論を行った。

(2) COMPASS グループリーダーである Oleg Denisov (トリノ大学) の招聘。

COMPASS 実験の将来計画について、大坂大学、東北大学、J-PARC などで講演し、日本の研究者と議論。山形大学では国際シンポジウムに参加。

(3) COMPASS に参加するサックレーグループの代表である F. Kunne を招聘。

COMPASS 実験での解析等について議論。

(4) 偏極標的の技術開発。山形大学の偏極ターゲット実験室のシステムを稼働させ、標的のスピン偏極を実現させる新たな方法について開発を行った。

学術的なアウトプット

日本グループを含む COMPASS 共同研究では 2017 年に 9 報の論文を査読付きジャーナルに出版。このうち、1 報は物理学分野のトップジャーナルである Physical Review Letters 誌。また、大学院生の糠塚元気は本研究で博士学位を取得。

3. 到達目標に対する本年度の達成度及び進捗状況

来年度には6ヶ月にわたるドレルヤン測定が予定されている。この測定では偏極標的を100 mK以下の低温に保ち、およそ7ヶ月に亘り偏極を維持しながら、ビームを照射し、データを取る。偏極標的は50 mK以下を維持することによって、高い偏極度を保ち続ける。不測の事態によって温度が上がってしまえば、偏極が失われ、最初から偏極励起を行わねばならない。仮に、冷却システムにリークなどの不具合があった場合、貴重なビームタイムが失われ、十分な統計が得られないリスクを抱えている。

本年度の目標はこのドレルヤン測定が確実に実施できるようなシステムを構築することであった。そのために従来の液体水素標的のシステムを完全に撤去し、偏極標的およびハドロンアブソーバーを設置し、稼働できる状態にすることが最重要目標であった。幸い、本頭脳循環経費で派遣した堂下、近藤、糠塚が活躍し、その他の研究者の助力もあり、作業は順調に進んだ。

昨年11月には従来のシステムが撤去され、12月には偏極標的の中心装置である冷凍器と超伝導電磁石、およびハドロンアブソーバを設置した。本年1月には偏極標的の附帯システムであるマイクロ波系、偏極度測定システムが設置され、それぞれの性能確認を開始した。さらに2月には冷凍器のリークテストなどを行い、3月初旬には予備冷却が始められるようになっていく。このまま順調に準備を行えば、4月16日の週には液体窒素温度まで冷却された偏極標的システムへのアンモニア偏極試料の挿入を行うことができ、その後液体ヘリウムを用いた冷却を実施し、4月末にはヘリウム3ガスを投入して、希釈冷凍により50 mKまで達することが可能となる。5月には標的スピンの偏極を励起して、偏極標的を稼働させ、ビームを用いた測定を開始できる見通しである。

また、本年度はCOMPASS実験の責任者の一人であるトリノ大学O. Denisov氏を日本に招聘することができた。同時に、核子構造に関する国際シンポジウムを開催することができた。これは、本頭脳循環予算のサポートと山形大学の経費補助によって実現したものである。ここではO. Denisov氏の他、COMPASSに参加するサックレーグループの代表F. Kunne氏、台湾の中央研究員のWen-Chen Chang氏、理化学研究所のR. Seidl氏などが核子の構造に関する最新の研究を紹介し、参加者と深い議論を行う機会を提供する有意義な研究会となった。また、O. Denisov氏やF. Kunne氏とは、研究の将来の展開や若手研究者に関するキャリアパスについても深い議論を行える貴重な機会となった。

若手研究者のキャリアパスに関しても着実に成果が挙げられている。大学院生の糠塚元気はPhysical Review Letters誌に掲載された学術論文を参考論文として、本年3月に博士の学位を取得し、4月から山形大学の博士研究員に就任することになった。また、優秀学生として山形大学校友会の交友会長賞を受賞した。このような彼の活躍は地元の新聞にも取り上げられている。

以上のように、実験の準備が順調に進んでおり、人材育成の成果も現れ始めているため、本年度の到達目標に対して十分な達成度が得られたと判断できる。

4. 日本側研究グループ（実施主体）の研究発表状況（本年度分）

①学術雑誌等（紀要・論文集等も含む）に発表した論文又は著書

論文名・著書名 等	
<p>（論文名・著書名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年（西暦）について記入してください。）（以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・査読がある場合、印刷済及び採録決定済のものに限って記載して下さい。査読中・投稿中のものは除きます。 ・さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。 ・著者名について、責任著者に「※」印を付してください。また、主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者については <u>下線</u>、若手研究者については <u>波線</u> を付してください。 ・海外の連携機関の研究者との国際共著論文等には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共著論文等については番号の前に「○」印を付してください。また、主要連携研究者については<u>斜体・太下線</u>、連携研究者については<u>斜体・破線</u>としてください。 	
1 ◎	<p>First measurement of the Sivers asymmetry for gluons from SIDIS data COMPASS, C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,... <u>T.Mastuda</u>,...<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (228 authors) <i>Phys.Lett. B772 (2017) 854-864</i>, 査読有り（以下すべて査読あり）</p>
2 ◎	<p><i>Transverse-momentum-dependent multiplicities of charged hadrons in muon-deuteron deep inelastic scattering</i> M. Aghasyan, <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,... <u>H. Matsuda</u>,<u>T.Mastuda</u>,... G. Nukazuka,<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (226 authors) PHYSICAL REVIEW D 97, 032006 (2018)</p>
3 ◎	<p><i>First measurement of transverse-spin-dependent azimuthal asymmetries in the Drell-Yan process</i> M. Aghasyan, <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,... <u>H. Matsuda</u>,<u>T.Mastuda</u>,... G. Nukazuka,<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (219 authors) <i>PRL 119, 112002 (2017) PHYSICAL REVIEW LETTERS</i></p>
4 ◎	<p>Final COMPASS results on the deuteron spin-dependent structure function g_{1d} and the Bjorken sum rule COMPASS, C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,...S.Ishimoto, ...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>T.Mastuda</u>,...<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (227 authors) <i>Phys.Lett. B769 (2017) 138-145</i>,</p>
5 ◎	<p>Sivers asymmetry extracted in SIDIS at the hard scale of the Drell-Yan process at COMPASS COMPASS, C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,... <u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>T.Mastuda</u>,...<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (225 authors) <i>Phys.Lett. B769 (2017) 34-41</i>,</p>
6 ◎	<p>Multiplicities of charged pions and unidentified charged hadrons from deep-inelastic scattering of muons off an isoscalar target COMPASS, C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>T.Mastuda</u>,...<u>Y.Miyachi</u>,...et al.,(228 authors) <i>Phys.Lett. B769 (2017) 1-10</i>,</p>
7 ◎	<p><i>Exclusive ω meson muoproduction on transversely polarised protons</i> C.Adolph, <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,... <u>H. Matsuda</u>,<u>T.Mastuda</u>,... G. Nukazuka,<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (228 authors) Nuclear Physics B,Volume 915, February 2017, Pages 454-475</p>
8 ◎	<p><i>Multiplicities of charged pions and unidentified charged hadrons from deep-inelastic scattering of muons off an isoscalar target</i> C.Adolph,...<u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>H. Matsuda</u>,<u>T.Mastuda</u>,... G. Nukazuka,<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (226 authors) Physics Letters B,Volume 764, 10 January 2017, Pages 1-10</p>
9 ◎	<p>Leading-order determination of the gluon polarisation from semi-inclusive deep inelastic scattering data COMPASS, C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,... S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>T.Mastuda</u>,...<u>Y.Miyachi</u>,...et al., (221 authors) <i>Eur.Phys.J. C77 (2017) 209-221</i></p>
10 ◎	<p><i>Resonance Production and $\pi\pi$ S-wave in $\pi^-+p\rightarrow\pi^-\pi^-\pi^++p_{recoil}$ at 190 GeV/c</i> C.Adolph,..., <u>N. Doshita</u>,...S. Ishimoto,...<u>T. Iwata</u>,...<u>K. Kondo</u>,...<u>T.Mastuda</u>,... G. Nukazuka<u>Y.Miyachi</u>,...et al.,(210 authors) <i>PHYSICAL REVIEW D 95, 032004 (2017)</i></p>

②学会等における発表

発表題名 等	
<p>(発表題名、発表者名、発表した学会等の名称、開催場所、口頭発表・ポスター発表の別、審査の有無、発表年月(西暦)について記入してください。)(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。)</p> <ul style="list-style-type: none"> 発表者名は参加研究者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載すること。共同発表者がいる場合は、全ての発表者名を記載し、責任発表者名は「※」印を付して下さい。発表者名について主担当研究者には<u>二重下線</u>、担当研究者については<u>下線</u>、若手研究者については<u>波線</u>を付して下さい。 口頭・ポスターの別、発表者決定のための審査の有無を区分して記載して下さい。 さらに数がある場合は、欄を追加して下さい。 海外の連携機関の研究者との国際共同発表には、番号の前に「◎」印を、また、それ以外の国際共同発表については番号の前に○印を付して下さい。また、主要連携研究者については<u>斜体・太下線</u>、連携研究者については<u>斜体・破線</u>としてください。 	
1	日本物理学会、宇都宮大学、口頭発表、審査無し、2017/9/15、※ <u>糠塚元気</u> 、 <u>岩田高広</u> 、 <u>近藤薫</u> 、 <u>堂下典弘</u> 、 <u>松田洋樹</u> 、 <u>宮地義之</u> 、 <u>石元茂</u> 、 <u>澤田崇広</u> 、 <u>鈴木肇</u> 、 <u>堀川直頭</u> 、 <u>松田達郎</u> 、他 COMPASS 共同研究グループ「COMPASS における偏極ドレル・ヤン実験の現状報告 V」
2	日本物理学会、宇都宮大学、口頭発表、審査あり(招待講演)、2017/9/14 実験核物理領域、理論核物理領域合同シンポジウム 主題：日本の核物理の将来、※ <u>宮地義之</u> 、「核子構造の物理の将来」
3	日本物理学会、東京理科大学、口頭発表、審査あり(招待講演)、2018/3/23 実験核物理領域、素粒子論領域、素粒子実験領域、理論核物理領域 多様な手法によって解き明かす陽子のパズル ※ <u>宮地義之</u> 、「偏極標的実験による陽子スピンパズルの解明」
4	日本物理学会、東京理科大学、口頭発表、審査無し、2018/3/22 ※ <u>岩田高広</u> 、 <u>近藤薫</u> 、 <u>堂下典弘</u> 、 <u>糠塚元気</u> 、 <u>松田洋樹</u> 、 <u>宮地義之</u> 、 <u>石元茂</u> 、 <u>澤田崇広</u> 、 <u>鈴木肇</u> 、 <u>堀川直頭</u> 、 <u>松田達郎</u> 、他 COMPASS 共同研究グループ、「CERN-COMPASS の将来の将来計画について－陽子標的偏極 Drell-Yan 測定と重陽子標的 Transversity 測定－」
5	9th Workshop on Hadron physics in China and Opportunities Worldwide、南京大学、口頭発表、審査あり(招待講演)、2017/07/25、※ <u>T.Iwata</u> , on behalf of COMPASS, 「TMD experiments from COMPASS SIDIS」

5. 若手研究者の派遣実績（計画）

【海外派遣実績（計画）】

年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	合計
派遣人数	2 人	3 人 (2 人)	3 人 (3 人)	3 人

※当該年度は実績、次年度以降は計画している人数を記載

【本年度の海外派遣実績】

派遣者①の氏名・職名：堂下 典弘 助教

<p>（当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） COMPASS 偏極ターゲットの責任者として、翌年度の偏極ドレルヤン測定のための偏極ターゲットを準備する役割。</p> <p>（具体的な成果） 偏極ターゲットを設置し、液体窒素による予備冷却まで到達。来年度の測定の目処が立った。</p>				
派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	
スイス・ジュネーブ CERN, PH 部門, Gerhard Mallot	173 日	330 日	330 日	833 日

派遣者②の氏名・職名：近藤 薫 助教

<p>（当該若手研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） COMPASS 偏極ターゲットの偏極度測定システムを準備し、稼働できるようにする役割。</p> <p>（具体的な成果） 偏極度測定システムを設置し、偏極度解析プログラム等の準備が完了。来年度の測定の目処が立った。</p>				
派遣先 (国・地域名、機関名、部局名、受入研究者)	派遣期間			合計
	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	
スイス・ジュネーブ CERN, PH 部門, Gerhard Mallot	173 日	330 日	330 日	833 日

※本年度の派遣者毎に作成すること。

6. 研究者の招へい実績（計画）

【招へい実績（計画）】

年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	合計
招へい人数	1 人	3 人 () 人	2 人 (2 人)	4 人

※当該年度は実績、次年度以降は計画している人数を記載

【本年度の招へい実績】

招へい者①の氏名・職名：Oleg Denisov シニアフィジシスト

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） COMPASS 共同研究グループのスポークスパーソン。COMPASS 日本グループや日本の関連研究グループと将来の研究計画について議論する。</p> <p>（具体的な成果） 国内 4 カ所でのセミナーを行い、関連研究グループと将来計画について議論をする機会を持った。また、山形大学での国際シンポジウムに参加。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	
トリノ大学、素粒子物理学部門、イタリア 岩田 高広（山形大学）	11 日	0 日	30 日	41 日

招へい者②の氏名・職名：Kunne Fabienne シニア専門研究員

<p>（当該研究者の国際共同研究における役割を含めた具体的な研究活動） つい最近まで COMPASS 共同研究グループの共同代表を務め、解析チームの主要メンバーでもある。COMPASS 日本グループや日本の関連研究グループと将来の研究計画について議論する。</p> <p>（具体的な成果） 山形大学での国際シンポジウムに参加し、関連研究グループと将来計画について議論をする機会を持った。</p>				
招へい元（機関名、部局名、国名）及び 日本側受入研究者（機関名）	招へい期間			合計
	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	
CEASaclay、原子核物理学部門、フランス 岩田 高広（山形大学）	6 日	0 日	0 日	6 日

※本年度の招へい者毎に作成すること。

7. 翌年度の補助事業の遂行に関する計画

--

※ 補助事業が完了せずに国の会計年度が終了した場合における実績報告書には、翌年度の補助事業の遂行に関する計画を附記すること。