



平成30年度（2018年度）
活動報告書

九州大学先端素粒子物理研究センター
Research Center for Advanced Particle Physics, Kyushu University

令和2年1月18日

目次

第1章	はじめに	2
第2章	構成員リスト	4
2.1	テラスケール物理実験部門	4
2.2	次世代加速器実験推進部門	4
2.3	テラスケール物理理論部門	5
2.4	大強度量子ビーム実験部門	5
2.5	先端素粒子物理研究センター委員会委員名簿	6
2.6	研究支援スタッフ	6
第3章	活動報告	7
3.1	LHC-ATLAS 実験	7
3.1.1	シリコン半導体飛跡検出器の運転・維持・改良	7
3.1.2	ヒッグス粒子の性質の研究	8
3.1.3	新粒子の探索	8
3.1.4	検出器アップグレード計画	9
3.1.5	研究業績	9
3.2	ILC 計画	24
3.2.1	シリコン電磁カロリメータプロトタイプの開発	24
3.2.2	高時間分解能、高空間分解能のシリコン検出器の開発研究	25
3.2.3	ILC における 2 フェルミオン終状態の精密測定を用いた新物理探索感 度の研究	28
3.2.4	研究業績	29
3.3	その他の活動	31
3.3.1	J-PARC での素粒子実験	31
3.3.2	アウトリーチ活動	37
3.4	競争的資金獲得状況	39

第1章 はじめに

九州大学先端素粒子物理研究センターは、ビッグサイエンスとしての素粒子物理学を推進するため、学内共同教育研究施設として2012年10月に設立されました。本センター第1期の時限は2018年3月までで、2018年4月から第2期5年間の継続設置されることになりました。本報告書は、第2期初年度の活動記録をまとめたものです。ここでは、本センターに関する現在の状況を簡単に報告いたします。

第2期では、J-PARCにおける素粒子物理・物質生命科学のための実験部門を新設し、実験3部門、理論1部門の組織構成となっております。各部門名とその役割は以下の通りです。

1. テラスケール物理実験部門：LHC 加速器でのアトラス実験に参加し、測定器の運転・データ収集と物理解析、および HL-LHC 計画のためのアトラス測定器アップグレードを行う。
2. 次世代加速器実験推進部門：次世代加速器 ILC で行う実験のための物理研究と測定器の開発設計を行い、国際共同実験の中核を担う研究拠点の形成を推進する。
3. 大強度量子ビーム実験部門：J-PARC 実験施設で行う大強度量子ビームを用いた素粒子物理と物質生命科学の実験的研究を推進する。J-PARC の九州大学分室の運営を担当する。
4. 先端素粒子物理理論部門：素粒子物理の理論的研究。実験部門と協力して標準理論を超える新しい理論・モデルの構築等を行う。

以下に、各部門の簡単な説明を加えます。

テラスケール物理実験部門が推進するアトラス実験では、2015年に始まった重心系エネルギー 13 TeV の衝突実験 (Run 2) が2018年に完了しました。本部門の二人の助教が実験現場の CERN に常駐して重要測定器の運転の先頭に立ち、物理解析でも大きな貢献を行いました。本学の大学院生も CERN に長期滞在し、Run2 のデータを用いた物理解析で博士 (理学) の学位を取得しました (2019年6月)。アトラス実験は最先端の成果を続々と生み出し、年100本程度の学術論文をコンスタントに発表しています。これらの学術論文は引用数も多く、九州大学の評価を高める上でも十分な貢献をしていると自負しております。LHC 加速器

は、2021年からエネルギーを14 TeVで運転を行います (Run 3)。さらにその後の計画として、衝突輝度を現在の約10倍に高めるHL-LHC計画が決まっており、2030年台後半まで運転される予定です。本センターは、アトラス測定器の運転、物理解析、測定器アップグレードにおいて今後も貢献を続けていきます。

2019年3月、次世代加速器実験推進部門が推進する国際リニアコライダー (ILC) 計画に対して、「I関心を持って国際的な意見交換を継続する」という日本政府の見解が文部科学省から初めて示されました。その後、学界における進展としては、日本では日本学術会議マスタープラン、欧州では素粒子物理戦略の更新という場で、学界における議論が続いています。国際的な進展としては、(1) 省庁レベルの意見交換の場として、2016年に始まった日米 ILC ディスカッショングループに加え、日独、日仏の ILC ディスカッショングループが設置されたこと、(2) 高エネルギー加速器研究機構に設置された国際ワーキンググループにおいて、国際費用分担や国際研究所の組織運営のあり方について検討され、文部科学省に報告されたこと、が挙げられます。ILCの日本誘致にはまだ至っておりませんが、各方面で着実に進んでおり、2020年に飛躍的な進展があることを期待しています。本センターは、ILC計画の実現に向けて、研究者としての学術的研究はもちろんのこと、各方面で様々な推進活動を今後も展開していきます。

2018年度から新設された大強度量子ビーム実験部門では、東海村 J-PARC の最先端加速器を用いて、素粒子原子核物理だけでなく、物質生命科学の分野にまたがる多彩な研究教育活動を行っています。J-PARCでの研究教育活動の拠点として設置された九州大学の J-PARC 分室は整備が進み、博士課程の大学院生2名が常駐するなど、すでに活用が始まっています。J-PARC 分室の管理は本センターで行なっておりますが、九州大学全体で共同利用することになっています。皆様に広くご利用いただけると光栄です。

先端素粒子物理理論部門は、2018年度から原子核理論の肥山教授が加わり、これまで以上に広い分野をカバーできるようになりました。九州大学の素粒子原子核物理の研究分野において、実験と理論の連携をさらに強化して行きたいと存じます。

引き続き、みなさまのご支援ご協力、よろしくお願いいたします。

2020年1月

先端素粒子物理研究センター長 川越清以

第2章 構成員リスト

2.1 テラスケール物理実験部門

東城 順治	准教授	理学研究院 物理学部門	複担
織田 勸	助教	理学研究院 物理学部門	複担
音野 瑛俊	助教	先端素粒子物理研究センター	専任

2.2 次世代加速器実験推進部門

川越 清以	教授	理学研究院 物理学部門	複担
高田 仁	教授	経済学研究院 産業マネジメント部門	複担
末原 大幹	助教	理学研究院 物理学部門	複担
清水 洋	教授	理学研究院 附属地震火山観測研究センター	協力
塚原 健一	教授	工学研究院 附属アジア防災研究センター	協力
三谷 泰浩	教授	工学研究院 附属アジア防災研究センター	協力
山中 隆志	特任助教	先端素粒子物理研究センター	専任
杉山 晃	教授	佐賀大学 理工学部 物理科学科	客員
房安 貴弘	准教授	佐賀大学 理工学部 物理科学科	客員

2.3 テラスケール物理理論部門

鈴木 博	教授	理学研究院 物理学部門	複担
肥山 詠美子	教授	理学研究院 物理学部門	複担
原田 恒司	教授	基幹教育院 教育実践部	複担
大河内 豊	准教授	基幹教育院 教育実践部	複担
奥村 健一	助教	理学研究院 物理学部門	複担

2.4 大強度量子ビーム実験部門

安中 雅彦	教授	理学研究院 化学部門	複担
高原 淳	教授	先導物質化学研究所 分子集積化学部門	複担
渡辺 幸信	教授	総合理工学研究院 エネルギー科学部門	複担
田中 敬二	教授	工学研究院 応用化学部門	協力
吉岡 瑞樹	准教授	先端素粒子物理研究センター	専任

2.5 先端素粒子物理研究センター委員会委員名簿

安中 雅彦	教授	理学研究院	センター部門担当
池田 伸夫	教授	工学研究院	
大河内 豊	准教授	基幹教育院	センター部門担当
川越 清以	教授	理学研究院	センター部門担当・センター長
鈴木 博	教授	理学研究院	センター部門担当
黒岩 由美	事務長	理学部等事務部	
高田 仁	教授	経済学研究院	センター部門担当
高原 淳	教授	先端物質化学研究所	センター部門担当
東城 順治	准教授	理学研究院	センター部門担当
原田 恒司	教授	基幹教育院	センター部門担当
肥山 詠美子	教授	理学研究院	センター部門担当
森田 浩介	教授	理学研究院	
渡辺 幸信	教授	総合理工学研究院	センター部門担当
吉岡 瑞樹	准教授	先端素粒子物理研究センター	大強度量子ビーム実験部門

2.6 研究支援スタッフ

豊村 和子 [2018年10月31日まで]

重松 さおり [2018年10月1日から]

第3章 活動報告

3.1 LHC-ATLAS 実験

スイス・ジュネーブ郊外にある欧州合同原子核研究機構 (CERN) の大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) において、ATLAS 実験を推進している。LHC 加速器では、2015 年から設計値に重心系エネルギー 13 TeV での運転を再開し、2018 年に実験第二期である Run2 を完了した。2019 年 1 月からは、加速器整備・検出器アップグレードのため、二年間のシャットダウン期間を設ける。その後、現行実験の最終段階である第三期 Run3 を遂行し、大規模な加速器増強・検出器アップグレードを経て、さらにエネルギーフロンティア物理を推進する計画である。今年度は、Run2 におけるシリコン半導体飛跡検出器の運転・維持・改良、ヒッグス粒子の性質の研究、新粒子の探索、検出器アップグレード計画を遂行した。

3.1.1 シリコン半導体飛跡検出器の運転・維持・改良

ビーム衝突点から発生する多数の荷電粒子の検出において、ATLAS 検出器最内層に配置した内部飛跡検出器が重要な役割を果たす。我々のグループは、内部飛跡検出器の 1 つであるシリコン半導体飛跡検出器 (SemiConductor Tracker : SCT) の運転に精力的に取り組んできた。SCT 検出器の運転に参加する国内研究機関の中で、九州大学は唯一スタッフが CERN に常駐する大学である。2013 年までは東城が国内研究機関が連携して研究を進める上での中心となり、それ以降は音野がその役割を引き継いでいる。音野は、2013 年 11 月より SCT data quality coordinator を務め、2015 年から始まった LHC の運転においてビーム衝突時における SCT 検出器の性能評価を行い、順調なデータ取得を実現した。2016 年 2 月から、織田が SCT 検出器の offline software coordinator を務め、検出器ソフトウェア全般において責任を持っている。音野は 2016 年 6 月から SCT 検出器の副運転責任者、2017 年 1 月から 10 月まで運転責任者を務めた。2018 年末までの Run2 において、LHC の単位時間あたりの陽子同士の同時衝突数 (瞬間輝度) は $21.0 \text{ nb}^{-1}\text{s}^{-1}$ に到達し、設計値 $10 \text{ nb}^{-1}\text{s}^{-1}$ を大きく超えて、3 年間で 156 fb^{-1} のデータを供給した。検出器にとっては厳しい環境の中、SCT が原因で取得できなかったデータの割合は 0.1% 以下、取得データのうち SCT の問題で物理解析に使用できなかった割合も 0.1% 以下に留めることができた。ATLAS 実験全体としてのこれらの割合は、5.7% 及び 5.4% であることから SCT が優れた性能を発揮

できていることがわかる。我々のグループは、今後も引き続き SCT 検出器に高い性能を発揮させるべく、その運転に大きく貢献してゆく予定である。

3.1.2 ヒッグス粒子の性質の研究

ヒッグス粒子が Z 粒子対に崩壊し、各 Z 粒子がレプトン (ℓ 、電子またはミューオン) 対に崩壊する、4 レプトンチャンネル ($H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$) には背景事象が少なく、ヒッグス粒子を完全に再構成できるという利点がある。織田は DAOD と呼ばれる解析用データの作成を担当した。2017 年 11 月 までに取得した積分ルミノシティ 79.8 fb^{-1} の重心系エネルギー 13 TeV のデータを用いた解析結果を 2018 年 6 月に公表した。4 レプトンチャンネルでは、4 レプトンの質量が $115 \text{ GeV} < m_{4\ell} < 130 \text{ GeV}$ の範囲に 195 事象を観測した。 ZZ^* への崩壊分岐比を含めた、ヒッグス粒子のグルーオン融合過程による生成断面積は $1.22 \pm 0.18 \text{ pb}$ であり、素粒子の標準模型に基づく理論計算の結果 $1.17 \pm 0.08 \text{ pb}$ と一致した。ベクトルボソン融合過程による生成断面積の観測値は $0.25 \pm 0.09 \text{ pb}$ であり、理論値 $0.0917 \pm 0.0028 \text{ pb}$ に比べて 2σ 程度大きい。2018 年 10 月までに積分ルミノシティ約 140 fb^{-1} のデータを取得し、その解析を進めており、不定性を低減できることが期待される。

3.1.3 新粒子の探索

ヒッグス粒子の発見によって素粒子標準模型から未発見粒子は無くなったが、謎は依然として多く残されている。一例として、ダークマターは天体観測から存在が示唆されているが候補となる粒子は素粒子標準模型に無い。LHC ではダークマターを直接生成できる可能性があるため、ATLAS 実験はこれまでも精力的に探索を行ってきた。ただし、ATLAS 実験の標準的な物理解析はヒッグス粒子のようにビーム衝突点で生成後に即座に崩壊する粒子をターゲットとしている。そこで、我々のグループでは SCT の一層目のある 300 mm までを飛程とするような長寿命の新粒子の探索に 2014 年から取り組んでいる。音野は標準模型の枠組みにある粒子の超対称性パートナーが長寿命粒子となる可能性に着目した。Run1 の取得データを用いて探索したが新粒子発見の兆候は残念ながら得られなかった。並行して、長寿命粒子を生む新たなシナリオを理論研究者らと考案し、2015 年に論文誌に受理されている。2016 年はこれらのシナリオについて実際に Run2 の取得データを用いて探索を進め、完了させた。発見には至らなかったが、2017 年 3 月の国際学会で結果を公表し、論文は 2018 年 3 月に Physics Review D 誌より出版している。

3.1.4 検出器アップグレード計画

現行の LHC 加速器は、2023 年まで運転して積分ルミノシティ 300 fb^{-1} を ATLAS 実験に提供する予定である。その後、加速器増強により瞬間ルミノシティを $(5-7) \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ に向上させ、2026 年から高ルミノシティ LHC (HL-LHC) として再稼働させる計画である。HL-LHC 計画に向けて、ATLAS 実験では検出器アップグレード計画を遂行している。我々のグループは、現行の内部飛跡検出器 (ID) を高放射線耐性シリコン検出器 (ITk) にアップグレードする計画に参画している。ITk 検出器のうち、特に、新型のシリコンピクセル検出器の開発・製作を担当している。シリコンピクセル検出器は、センサー・読み出しチップ (ASIC) をバンプボンディング接合したセンサーモジュール、ASIC 制御用のフレキシブル基板、冷却機構との接触部である TPG セル、の 3 つの構成要素を持つ。検出器組立の開発要素として、放射線耐性、高位置精度の接着、ワイヤーボンディング、ワイヤー保護のための樹脂封止、放電抑制のためのパリレンコーティング、品質管理のための検出器読み出し手法がある。放射線耐性については、東北大学 CYRIC 加速器施設の陽子ビームを用い、陽子線照射による検出器部材の性質を研究した。特に、接着剤・封止剤については、海外共同研究者とも協力して多くの知見を得た。最終的な選定には至らなかったが、今後もこの研究を重視して、実機仕様の決定まで進める計画である。組立における接着では、ステンシル法の開発を進めてきた。ステンシル法は、レーザー加工でステンレスシートにパターンを形成し、そのシートを用いて塗布を行う手法であり、量産に向いている。多様なパターンを試みて、最小物質・接着剤の厚み・一様性・気泡排除等の要求を満たすことを実証してきた。高位置精度の組立では、治具の開発が重要である。高精度機械加工により治具試作機を製作・改良し、繰り返し位置精度の要求値である $30 \mu\text{m}$ 以内を達成することに成功した。この結果を受けて、接着・組立手法について、ITk ピクセル検出器全体で我々のグループが開発した手法が標準手法として採用された。検出器読み出しは、国内共同研究者と協力して、Xilinx 社 KC705 評価ボードを用いた環境を整備した。組立工程における動作の実証、熱サイクル試験における耐性等で検出器の読み出しを行うことが可能となり、検出器開発・製作全体が大幅に進展した。今後、最終仕様の検出器に向けた開発・製作を進めるとともに、CERN 現地での ITk ピクセル検出器全体の組立に活動を広げていく予定である。

3.1.5 研究業績

原著論文

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Properties of $g \rightarrow b\bar{b}$ at small opening angles in pp collisions with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$,” *Phys. Rev. D* **99**, 052004 (2019).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using 2015 - 2016 LHC proton-proton collision data,” JINST **14**, P03017 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy long-lived multicharged particles in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **99**, 052003 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Study of the hard double-parton scattering contribution to inclusive four-lepton production in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **790**, 595 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for long-lived particles produced in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV that decay into displaced hadronic jets in the ATLAS muon spectrometer,” Phys. Rev. D **99**, 052005 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for four-top-quark production in the single-lepton and opposite-sign dilepton final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **99**, 052009 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the photon identification efficiencies with the ATLAS detector using LHC Run 2 data collected in 2015 and 2016,” Eur. Phys. J. C **79**, 205 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the top quark mass in the $t\bar{t} \rightarrow$ lepton+jets channel from $\sqrt{s} = 8$ TeV ATLAS data and combination with previous results,” Eur. Phys. J. C **79**, 290 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy Majorana or Dirac neutrinos and right-handed W gauge bosons in final states with two charged leptons and two jets at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” JHEP **1901**, 016 (2019).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of photon-jet transverse momentum correlations in 5.02 TeV Pb + Pb and pp collisions with ATLAS,” Phys. Lett. B **789**, 167 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “A search for pairs of highly collimated photon-jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **99**, 012008 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurements of gluon-gluon fusion and vector-boson fusion Higgs boson production cross-sections in the $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **789**, 508 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for squarks and gluinos in final states with hadronically decaying τ -leptons, jets, and missing transverse momentum using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **99**, 012009 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy charged long-lived particles in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using an ionisation measurement with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **788**, 96 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for long-lived particles in final states with displaced dimuon vertices in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **99**, 012001 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for doubly charged scalar bosons decaying into same-sign W boson pairs with the ATLAS detector,” Eur. Phys. J. C **79**, 58 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for resonant and non-resonant Higgs boson pair production in the $b\bar{b}\tau^+\tau^-$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **788**, 106 (2019).

- TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. Lett. **121**, 191801 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for vector-boson resonances decaying to a top quark and bottom quark in the lepton plus jets final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **788**, 347 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “In situ calibration of large-radius jet energy and mass in 13 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector,” Eur. Phys. J. C **79**, 135 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “A strategy for a general search for new phenomena using data-derived signal regions and its application within the ATLAS experiment,” Eur. Phys. J. C **79**, 120 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Correlated long-range mixed-harmonic fluctuations measured in pp , p +Pb and low-multiplicity Pb+Pb collisions with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **789**, 444 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs boson decays into a pair of light bosons in the $b\bar{b}\mu\mu$ final state in pp collision at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **790**, 1 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the nuclear modification factor for inclusive jets in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **790**, 108 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair production of Higgs bosons in the $b\bar{b}b\bar{b}$ final state using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” JHEP **1901**, 030 (2019).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for light resonances decaying to boosted quark pairs and produced in association with a photon or a jet in proton-

- proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **788**, 316 (2019).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the $Z\gamma \rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma$ production cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector and limits on anomalous triple gauge-boson couplings,” JHEP **1812**, 010 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Comparison between simulated and observed LHC beam backgrounds in the ATLAS experiment at $E_{\text{beam}} = 4$ TeV,” JINST **13**, P12006 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Observation of $H \rightarrow b\bar{b}$ decays and VH production with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **786**, 59 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the azimuthal anisotropy of charged particles produced in $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV Pb+Pb collisions with the ATLAS detector,” Eur. Phys. J. C **78**, 997 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for charged Higgs bosons decaying into top and bottom quarks at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” JHEP **1811**, 085 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Combination of the searches for pair-produced vector-like partners of the third-generation quarks at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. Lett. **121**, 211801 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Combination of searches for heavy resonances decaying into bosonic and leptonic final states using 36 fb^{-1} of proton-proton collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **98**, 052008 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair production of heavy vector-like quarks decaying into hadronic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 092005 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Constraints on off-shell Higgs boson production and the Higgs boson total width in $ZZ \rightarrow 4\ell$ and $ZZ \rightarrow 2\ell 2\nu$ final states with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **786**, 223 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for resonant and non-resonant Higgs boson pair production in the $b\bar{b}\tau^+\tau^-$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 191801 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for new phenomena in events with same-charge leptons and b -jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *JHEP* **1812**, 039 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for dark matter in events with a hadronically decaying vector boson and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *JHEP* **1810**, 180 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs bosons produced via vector-boson fusion and decaying into bottom quark pairs in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 052003 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs boson pair production in the $\gamma\gamma WW^*$ channel using pp collision data recorded at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 1007 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for charged Higgs bosons decaying via $H^\pm \rightarrow \tau^\pm\nu_\tau$ in the τ +jets and τ +lepton final states with 36 fb^{-1} of pp collision data recorded at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS experiment,” *JHEP* **1809**, 139 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for lepton-flavor violation in different-flavor, high-mass final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 092008 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Prompt and non-prompt J/ψ elliptic flow in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 784 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs boson pair production in the $\gamma\gamma b\bar{b}$ final state with 13 TeV pp collision data collected by the ATLAS experiment,” *JHEP* **1811**, 040 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Searches for exclusive Higgs and Z boson decays into $J/\psi\gamma$, $\psi(2S)\gamma$, and $\Upsilon(nS)\gamma$ at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **786**, 134 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair- and single-production of vector-like quarks in final states with at least one Z boson decaying into a pair of electrons or muons in pp collision data collected with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *Phys. Rev. D* **98**, 112010 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Observation of centrality-dependent acoplanarity for muon pairs produced via two-photon scattering in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 212301 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for the Higgs boson produced in association with a vector boson and decaying into two spin-zero particles in the $H \rightarrow aa \rightarrow 4b$ channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *JHEP* **1810**, 031 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Probing the quantum interference between singly and doubly resonant top-quark production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 212301 (2018).

- TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. Lett. **121**, 152002 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair production of higgsinos in final states with at least three b -tagged jets in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **98**, 092002 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Operation and performance of the ATLAS Tile Calorimeter in Run 1,” Eur. Phys. J. C **78**, 987 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for chargino-neutralino production using recursive jigsaw reconstruction in final states with two or three charged leptons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **98**, 092012 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair production of heavy vector-like quarks decaying into high- p_T W bosons and top quarks in the lepton-plus-jets final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” JHEP **1808**, 048 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for resonant WZ production in the fully leptonic final state in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **787**, 68 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Observation of Higgs boson production in association with a top quark pair at the LHC with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **784**, 173 (2018).
 - M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the Higgs boson mass in the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ and $H \rightarrow \gamma\gamma$ channels with $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **784**, 345 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for new phenomena using the invariant mass distribution of same-flavour opposite-sign dilepton pairs in events with missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 625 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Combined measurement of differential and total cross sections in the $H \rightarrow \gamma\gamma$ and the $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ decay channels at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **786**, 114 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for resonances in the mass distribution of jet pairs with one or two jets identified as b -jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 032016 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of jet fragmentation in Pb+Pb and pp collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. C* **98**, 024908 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the suppression and azimuthal anisotropy of muons from heavy-flavor decays in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. C* **98**, 044905 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of dijet azimuthal decorrelations in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector and determination of the strong coupling,” *Phys. Rev. D* **98**, 092004 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Angular analysis of $B_d^0 \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$ decays in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector,” *JHEP* **1810**, 047 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Prompt and non-prompt J/ψ and $\psi(2S)$ suppression at high transverse momentum in 5.02 TeV Pb+Pb collisions with the ATLAS experiment,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 762 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for flavor-changing neutral currents in top quark decays $t \rightarrow Hc$ and $t \rightarrow Hu$ in multilepton final states in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 032002 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of colour flow using jet-pull observables in $t\bar{t}$ events with the ATLAS experiment at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 847 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for supersymmetry in final states with charm jets and missing transverse momentum in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector,” *JHEP* **1809**, 050 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy resonances decaying to a photon and a hadronically decaying $Z/W/H$ boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 032015 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurements of b-jet tagging efficiency with the ATLAS detector using $t\bar{t}$ events at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *JHEP* **1808**, 089 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy particles decaying into top-quark pairs using lepton-plus-jets events in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 565 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “A search for lepton-flavor-violating decays of the Z boson into a τ -lepton and a light lepton with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 092010 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for R-parity-violating supersymmetric particles in multi-jet final states produced in $p-p$ collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector at the LHC,” *Phys. Lett. B* **785**, 136 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for supersymmetry in events with four or more leptons in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions with ATLAS,” Phys. Rev. D **98**, 032009 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for low-mass dijet resonances using trigger-level jets with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” Phys. Rev. Lett. **121**, 081801 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for a heavy Higgs boson decaying into a Z boson and another heavy Higgs boson in the $\ell\ell b\bar{b}$ final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **783**, 392 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs boson decays into pairs of light (pseudo)scalar particles in the $\gamma\gamma jj$ final state in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Lett. B **782**, 750 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for top squarks decaying to tau sleptons in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **98**, 032008 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for flavour-changing neutral current top-quark decays $t \rightarrow qZ$ in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” JHEP **1807**, 176 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for pair production of up-type vector-like quarks and for four-top-quark events in final states with multiple b -jets with the ATLAS detector,” JHEP **1807**, 089 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for electroweak production of supersymmetric particles in final states with two or three leptons at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” Eur. Phys. J. C **78**, 995 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Performance of missing transverse momentum reconstruction with the ATLAS detector using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 903 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurements of differential cross sections of top quark pair production in association with jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector,” *JHEP* **1810**, 159 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for the Decay of the Higgs Boson to Charm Quarks with the ATLAS Experiment,” *Phys. Rev. Lett.* **120**, 211802 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurements of Higgs boson properties in the diphoton decay channel with 36 fb^{-1} of pp collision data at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 052005 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for Higgs boson decays to beyond-the-Standard-Model light bosons in four-lepton events with the ATLAS detector at $\sqrt{s} = 13$ TeV,” *JHEP* **1806**, 166 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for photonic signatures of gauge-mediated supersymmetry in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **97**, 092006 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for a Structure in the $B_s^0\pi^\pm$ Invariant Mass Spectrum with the ATLAS Experiment,” *Phys. Rev. Lett.* **120**, 202007 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for $W' \rightarrow tb$ decays in the hadronic final state using pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **781**, 327 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for High-Mass Resonances Decaying to $\tau\nu$ in pp Collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS Detector,” *Phys. Rev. Lett.* **120**, 161802 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurements of $t\bar{t}$ differential cross-sections of highly boosted top quarks decaying to all-hadronic final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **98**, 012003 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the cross section for isolated-photon plus jet production in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV using the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **780**, 578 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for the standard model Higgs boson produced in association with top quarks and decaying into a $b\bar{b}$ pair in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **97**, 072016 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Evidence for the associated production of the Higgs boson and a top quark pair with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **97**, 072003 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the production cross section of three isolated photons in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV using the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **781**, 55 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the inclusive and fiducial $t\bar{t}$ production cross-sections in the lepton+jets channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 487 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for heavy ZZ resonances in the $\ell^+\ell^-\ell^+\ell^-$ and $\ell^+\ell^-\nu\bar{\nu}$ final states using proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 293 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for exclusive Higgs and Z boson decays to $\phi\gamma$ and $\rho\gamma$ with the ATLAS detector,” JHEP **1807**, 127 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 36 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ pp collision data with the ATLAS detector,” Phys. Rev. D **97**, 112001 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for long-lived charginos based on a disappearing-track signature in pp collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS detector,” JHEP **1806**, 022 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for top-squark pair production in final states with one lepton, jets, and missing transverse momentum using 36 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ pp collision data with the ATLAS detector,” JHEP **1806**, 108 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the Soft-Drop Jet Mass in pp Collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS Detector,” Phys. Rev. Lett. **121**, 092001 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of differential cross sections and W^+/W^- cross-section ratios for W boson production in association with jets at $\sqrt{s} = 8\text{ TeV}$ with the ATLAS detector,” JHEP **1805**, 077 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of inclusive jet and dijet cross-sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS detector,” JHEP **1805**, 195 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for supersymmetry in final states with missing transverse momentum and multiple b -jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13\text{ TeV}$ with the ATLAS detector,” JHEP **1806**, 107 (2018).

- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of the production cross-section of a single top quark in association with a Z boson in proton-proton collisions at 13 TeV with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **780**, 557 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “ $ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^-$ cross-section measurements and search for anomalous triple gauge couplings in 13 TeV pp collisions with the ATLAS detector,” *Phys. Rev. D* **97**, 032005 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “A search for resonances decaying into a Higgs boson and a new particle X in the $XH \rightarrow qqbb$ final state with the ATLAS detector,” *Phys. Lett. B* **779**, 24 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS and CMS Collaborations], “Combination of inclusive and differential $t\bar{t}$ charge asymmetry measurements using ATLAS and CMS data at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV,” *JHEP* **1804**, 033 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Search for a new heavy gauge boson resonance decaying into a lepton and missing transverse momentum in 36 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS experiment,” *Eur. Phys. J. C* **78**, 401 (2018).
- M. Aaboud *et al.* [ATLAS Collaboration], “Measurement of jet fragmentation in 5.02 TeV proton-lead and proton-proton collisions with the ATLAS detector,” *Nucl. Phys. A* **978**, 65 (2018).
- H. Fukuda, N. Nagata, H. Otono and S. Shirai, “Higgsino Dark Matter or Not: Role of Disappearing Track Searches at the LHC and Future Colliders,” *Phys. Lett. B* **781**, 306 (2018).
- H. Ito, O. Jinnouchi, T. Moroi, N. Nagata and H. Otono, “Searching for Metastable Particles with Sub-Millimeter Displaced Vertices at Hadron Colliders,” *JHEP* **1806**, 112 (2018).

- I. Lara, D. E. López-Fogliani, C. Muñoz, N. Nagata, H. Otono and R. Ruiz De Austri, “Looking for the left sneutrino LSP with displaced-vertex searches,” Phys. Rev. D **98**, 075004 (2018).

国内での講演

- LHC results
織田 勲
ILC 夏の合宿 2018、2018 年 9 月、山口県下松市国民宿舎大城
- Opening remarks
音野 瑛俊
Workshop on Long lived particle searches in various energy (LLP Workshop 2018)、
2018 年 9 月、東京工業大学

3.2 ILC 計画

本センターでは、ILC のための測定器、特に電磁カロリメータの開発をフランスの研究グループと共同で行っており、本年度は、ILC 電磁カロリメータの新バージョンの製作・組み立てを国内で始めて行い、ビームテスト等により実際の動作を確認した。また、カロリメータにさらなる時間分解能や空間分解能を付与する新型センサーの開発も引き続き進めている。ILC の測定器シミュレーションを用いた物理解析にも取り組んでおり、本年度は、昨年度に引き続き 2 フェルミオン終状態の精密測定による新物理発見感度の検討を行い、感度見積もりアルゴリズムの改善やクォークの電荷測定 of 改良に取り組んだ。

3.2.1 シリコン電磁カロリメータプロトタイプの開発

ILC のシリコン電磁カロリメータ (SiW-ECAL) は、20~30 レイヤのサンプリングカロリメータで、吸収体にタングステン、センサーに 5 mm 角程度に分割されたシリコンパッドを用いる。センサーは導電性接着剤で PCB に接着され、PCB の裏面に実装された ASIC(特定用途向け集積回路) で増幅・デジタル化が行われる。カロリメータ構造内に ASIC を閉じ込んでしまうことで外部への読み出しライン数を抑え、大量のチャンネルの読み出しを効率よく行うことができる。

このプロトタイプを組み立てはこれまでフランスで行われてきたが、本年度は国内の技術を用いて始めて九州大学にてプロトタイプの生産・組み立てを行った。昨年度開発したインタフェースボードに加え、センサーと直接接続するフロントエンドボード FEV13 の製作を行った。このボードは以前のものからインタフェースボードの接続機構の改善やノイズ低減のための電源レイヤの強化、大容量コンデンサのボード内への追加などの改良が行われており、搭載する ASIC も新版の SKIROC2A へ変更された。ボードの基本デザインはフランスで行われ、国内での製作に合わせた改良を九州大学にて行った上、4枚のボード製作を行った。フランスから送られた1枚を加えた5枚のボードへの ASIC 等の実装を国内で行い、導電性接着剤を用いたセンサーの接続を行った。(図 3.1) この導電性接着剤の塗布には RCAPP に昨年度設置された自動ディスペンサーを用いた。組み立て後放射線源等を用いて動作試験を行ったのち7月のドイツ・DESY 研究所でのビームテスト(1枚のみ)、9 10月のスイス・CERNでのビームテスト(5枚)を行い、概ね正常に動作することを確認した。なお、この新しいプロトタイプには従来より厚い 650 ミクロン厚のシリコンセンサーが一部搭載されており、この厚いセンサーで期待値以上の強度の信号が得られることを確認した。

3.2.2 高時間分解能、高空間分解能のシリコン検出器の開発研究

ILC の電磁カロリメータは、ジェット中の粒子を分離しエネルギー分解能を高めるため、微細分割されたカロリメータとなっている。センサーに用いるシリコンパッド検出器のオプションとして、高時間分解能および高位置分解能(のいずれか)を持たせたセンサーの研究を行っている。高位置分解能センサーには LGAD と呼ばれるアバランシェゲインを持つセンサーを用いる。LGAD を用いると検出層を薄くすることができ時間分解能が大幅に向上する。すでに数 10 ピコ秒の分解能を持つセンサーが開発されており、実用に向けた研究が進んでいる。本年度は昨年に続き LGAD と同じ構造を持つ光検出器 APD のレーザや放射線源による応答を調べ、ゲインカーブの測定等を行った。

また、シリコンセンサーには PSD による位置感度を付加して、飛来する光子の位置や方向を精度よく決める等画期的な機能を持ったカロリメータの製作を検討している。PSD とは、シリコンパッドの電荷収集部を抵抗体とし、それを複数の電極へ分割して読み出しを行うことで、読み出された電荷の比を用いて入射位置を算出するデバイスである。本年度は、昨年度製作した PSD センサーの放射線試験、レーザ試験を行った。昨年度製作した PSD はいくつかの表面抵抗の値で作られており、従来よりも高い表面抵抗を持った PSD センサーで、期待できる最大に近い電荷分割比の位置依存性を確認でき、この仕様の PSD センサーが放射線測定に有用であることが示された。

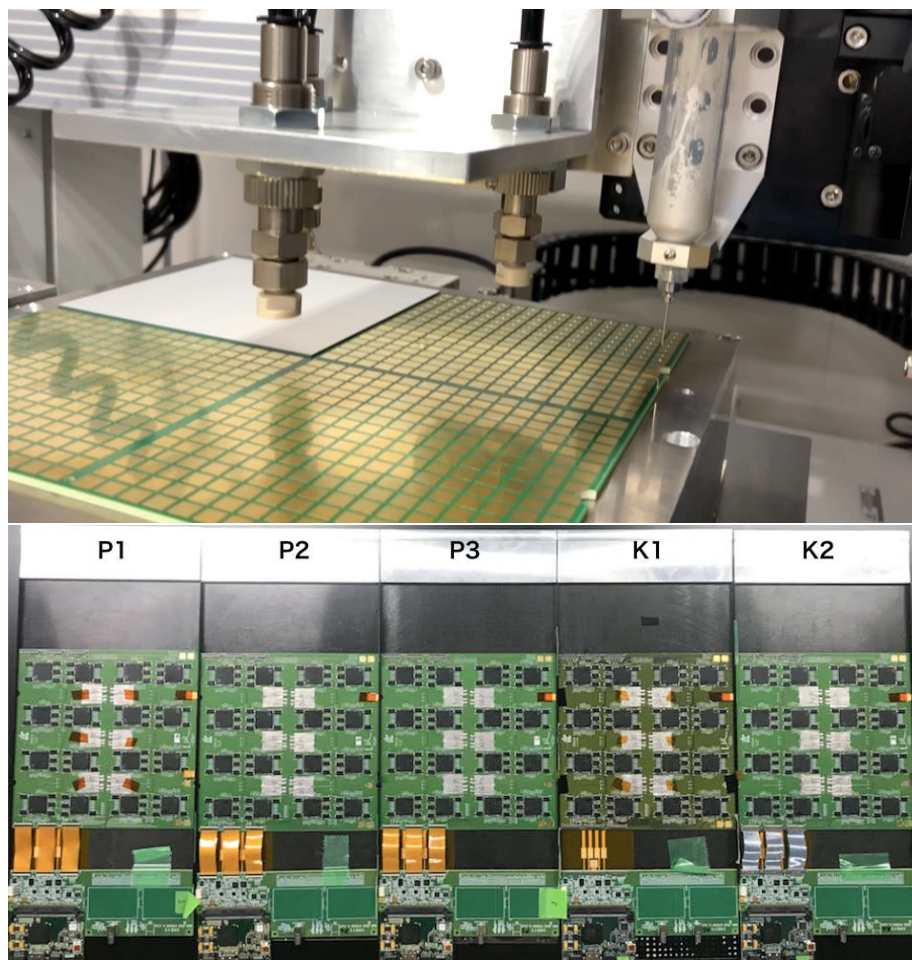


図 3.1: 上: センサー接着の様子。下: 九州大学で製作・組み立てを行った 5 台の FEV13 プロトタイプ。

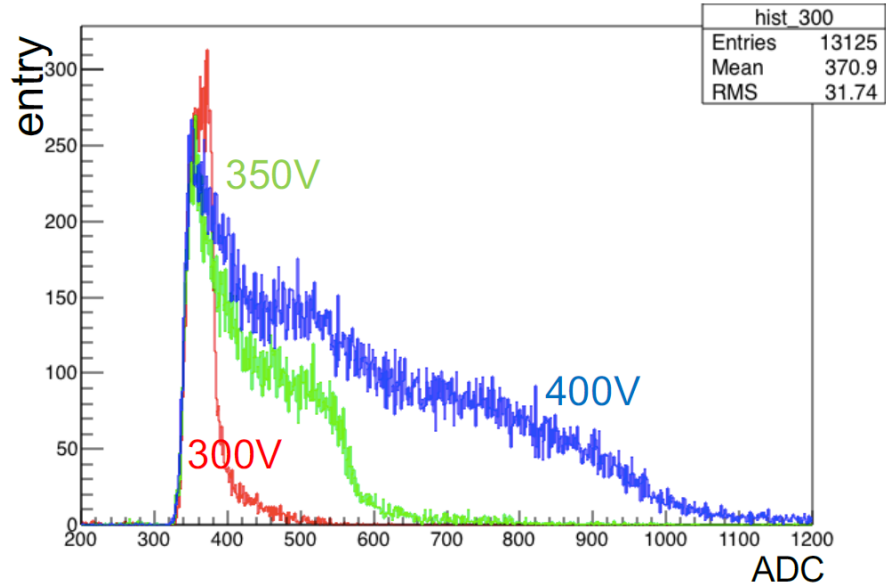


図 3.2: APD のコバルト 57 ガンマ線による応答。印加電圧により増幅率が変化していることがわかる。

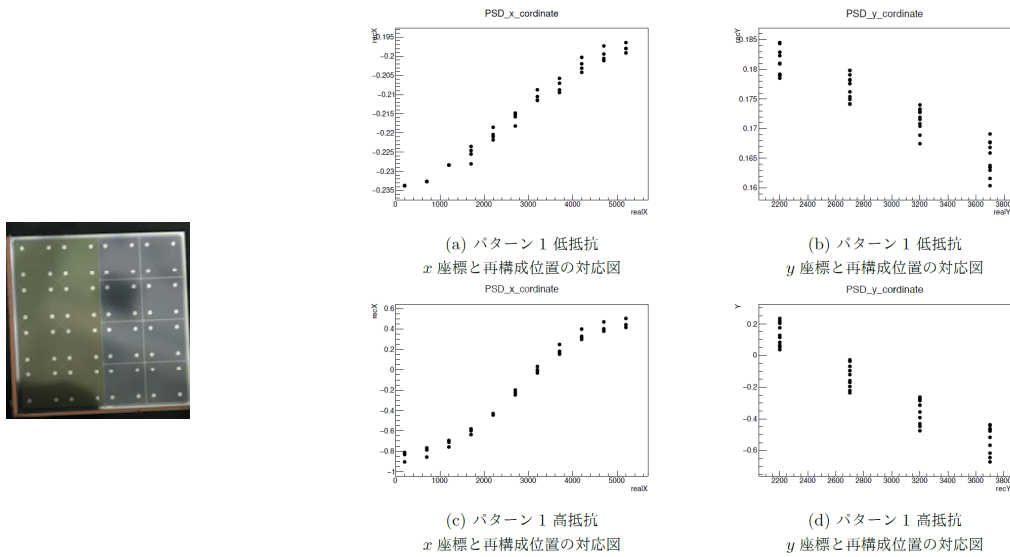


図 3.3: 左: 本センターで開発した 16 セル PSD。右: レーザに対する応答。高抵抗のセルでダイナミックレンジが大きくなっている。

3.2.3 ILC における 2 フェルミオン終状態の精密測定を用いた新物理探索感度の研究

250 GeV の ILC において新物理探索を行う一つの方法として、2 フェルミオン終状態の断面積および生成角度分布を精密に測定し新物理探索感度を得る方法は重要度が増しており、本研究室でも測定器シミュレーションを用いてこの 2 フェルミオン終状態を用いた新物理探索の感度評価を行っている。本年度は、昨年度開発した新物理感度評価のモデルを更新し、想定される新粒子の質量等に対してより精密に感度評価を行う方法を開発した。この方法を用いて、レプトンチャンネルにおいて 90%信頼度で 250 GeV ILC において Z' モデルで最大 5 TeV、WIMP モデルで最大 500 GeV 程度まで探索が可能であることを示した。2 クォーク終状態においては、クォークの電荷測定精度を高めるため、重いクォークの崩壊モードで場合分けして電荷測定をより精密に行う方法の研究を行った。

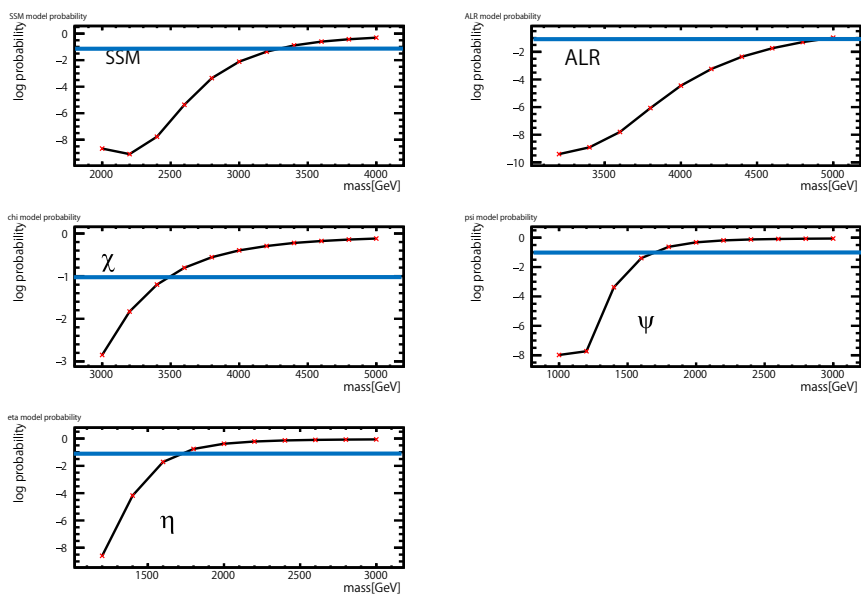


図 3.4: $e^+e^- \rightarrow l^+l^-$ の 250 GeV ILC における Z' 探索上限質量。青線と黒線が交わる質量が 90%CL における下限質量である。各グラフは異なる Z' モデルに対応している。

3.2.4 研究業績

原著論文

- J. Repond *et al.* [CALICE Collaboration],
“Hadronic energy resolution of a combined high granularity scintillator calorimeter system”,
2018 JINST **13** P12022.
- S. Belokin, K. Kawagoe, Y. Miura, I. Sekiya, T. Suehara, H. Yamashiro, T. Yoshioka *et al.*,
“Commissioning of the highly granular SiW-ECAL technological prototype”,
arXiv:1810.05133, AIDA-2020-PUB-2019-002.
- M. Chefdeville *et al.* [CALICE Collaboration],
“Analysis of Testbeam Data of the Highly Granular RPC-Steel CALICE Digital Hadron Calorimeter and Validation of Geant4 Monte Carlo Models”,
arXiv:1901.08818, CALICE-PUB-2019-001.
- G. Eigen *et al.* [CALICE Collaboration],
“Tracks of hadronic showers in the CALICE Si-W ECAL physics prototype”,
arXiv:1902.06161, CALICE-PUB-2019-002.

Proceedings

- Y. Uesugi, H. Yamashiro, T. Suehara, T. Yoshioka, K. Kawagoe,
“Quark charge identification for e^+e^- to $q\bar{q}$ study”,
Proc. LCWS2018, arXiv:1902.05242.
- Yuto Deguchi, Hiroaki Yamashiro, Taikan Suehara, Tamaki Yoshioka, Keisuke Fujii,
Kiyotomo Kawagoe,
“Study of fermion pair events at the 250 GeV ILC”,
Proc. LCWS2018, arXiv:1902.05245.

海外での講演

- Precise measurement of two-fermion final states in 250 GeV ILC for BSM:
T. Suehara, H. Yamashiro,
Asian Linear Collider Workshop, May 2018, Fukuoka, Japan

- Preparation and performance study of a new short slab for ILD SiW-ECAL:
T. Suehara, I. Sekiya, K. Kawagoe, Y. Miura, T. Yoshioka,
Asian Linear Collider Workshop, May 2018, Fukuoka, Japan
- First look at the FEV13 results from DESY-2018 BT:
T. Suehara, Y. Deguchi, Y. Miura, I. Sekiya, Y. Uesugi,
CALICE Collaboration Meeting, Sep. 2018, Shanghai Jiaotong University, Shanghai,
China
- CALICE/ILD SiW Ecal slab production and sensor development:
T. Suehara for ILD SiW-ECAL group,
Linear Collider Workshop 2018, Arlington, Texas, United States
- Detector Summary:
Taikan Suehara,
Linear Collider Workshop 2018, Arlington, Texas, United States
- Overview of CALICE/ILD SiW-ECAL:
Taikan Suehara,
Workshop on forward physics and FoCal upgrade in ALICE, Jan. 2019, Tsukuba
University, Tsukuba, Ibaraki, Japan

国内での講演

- ILC 計画の現状と今後
川越清以
日本物理学会 2018 年秋期大会シンポジウム「いよいよ実現へ向け動き出す ILC 計画-
グリーンライトに備えて-」、2018 年 9 月、信州大学
- 国際リニアコライダー – 計画概要と物理・測定器 –
末原大幹
ILC 大学連携タスクフォースセミナー、2018 年 10 月、九州シンクロトロン光研究セ
ンター
- まとめと今後の展望
川越清以
日本物理学会第 74 回年次大会シンポジウム「ILC の多角的活用」、2019 年 3 月、九州
大学

3.3 その他の活動

3.3.1 J-PARC での素粒子実験

本センターでは LHC-ATLAS 実験や ILC 計画のような大規模実験以外にも、比較的小規模な素粒子実験も非常に重要なものと位置づけている。具体的には、茨城県東海村の J-PARC 加速器でのミューオンや中性子を用いた素粒子実験を推進している。

ミューオンを使った素粒子実験

本センターは、素粒子標準模型 (SM) を超える物理 (BSM) を探索するため、J-PARC におけるミューオンを用いた二つの素粒子実験を推進している。一つの実験は、ハドロン実験施設で建設が進んでいる世界最高強度のパルスミューオンビームを用いて、ミューオンが電子に転換する過程を探索する COMET 実験 (J-PARC E21 実験) である。もう一つの実験は、物質・生命科学実験施設 MLF において、ミューオンの異常磁気モーメント ($g-2$) と電気双極子モーメント (EDM) を測定する muon $g-2$ /EDM 実験 (J-PARC E34 実験) である。

COMET 実験 ミューオン-電子 ($\mu-e$) 転換過程は SM で禁止されているため、BSM の探索に非常に有効である。LHC 加速器における BSM の直接探索で到達できるエネルギースケールは $\mathcal{O}(1)$ TeV であるが、 $\mu-e$ 転換過程を用いた間接探索では $\mathcal{O}(10^3)$ TeV まで到達できる。BSM の直接探索でその兆候がまだ見えていないため、 $\mu-e$ 転換過程を用いた間接探索が注目されている。実験計画は、Phase-I と Phase-II の二段階からなる。各段階での 1 事象発見感度は、Phase-I で $\mathcal{O}(10^{-15})$ 、Phase-II で $\mathcal{O}(10^{-17})$ であり、現在の上限值 7×10^{-13} (90% CL) を最終的に 10,000 倍向上させる計画である。第一段階 (Phase-I) では、円筒型ドリフトチェンバーとトリガー検出器を組み合わせた検出器システムが主要な役割を果たす。さらに、Phase-I で初めて生成するミューオンビームの性質を詳細に調べることが不可欠であり、その研究は Phase-II へ進むためにも重要である。Phase-I におけるミューオンビームの研究と Phase-II における物理測定では、ストローチューブ飛跡検出器と電磁カロリメータを用いる計画である。

本センターの活動として、Phase-I の物理測定に用いるトリガー検出器の開発を進めている。電子をトリガーするため、UV アクリルをチェレンコフ輻射体とし、信号-背景比の向上とタイミング情報を得るため、プラスチックシンチレータを組み合わせる。光検出器としてファインメッシュ型光電子増倍管 (FM-PMT) を用い、その後段には前置増幅回路を設置する。今年度は、昨年度に引き続き、プロトタイプ検出器の開発を進めた。特に、前置増幅回路、放射線耐性、検出器筐体の設計に重点を置いた。前置増幅回路の開発では、レギュレータ等電子回路部品の放射線耐性が問題となる。神戸大学のタンデム加速器施設における中性子、及び、九州大学の加速器・ビーム応用科学センターにあるガンマ線照射施設において放

射線耐性試験を行い、その結果に基づいて、前置増幅回路の改良と試作機の製作を行った。部品の放射線耐性の問題、及び、前置増幅回路のさらなる改良の余地が課題として残されており、性能評価試験を含めて取り組んでいく予定である。また、前置増幅器の信号を用いてトリガーを生成し、信号の読み出しも行うため、トリガー回路 COTTRI の開発も進めた。特に、前置増幅器との整合性の研究、及び、COTTRI を動作させるファームウェアの開発を行った COTTRI 試作機を用いた性能評価により、Phase-I で要求するレート耐性とトリガー効率を持つことを示した。トリガー検出器全体の設計も大きく進展した。検出器全体を配置・支持し、実験環境下における背景事象に対する遮蔽、ミュオン静止標的部のヘリウムに対する遮蔽を兼ね備えた設計を行った。今後、試作機を製作し、検出器の組立を研究する予定である。

さらに、Phase-I のミュオンビームの研究、及び、Phase-II の物理測定に用いる、電磁カロリメータの開発を進めている。電磁カロリメータは、高計数率環境下で信号電子のエネルギーを測定し、事象トリガーを生成するために重要な役割を果たす。磁場がある真空中で動作させ、高エネルギー分解能と速い時間応答を必要とするため、LYSO 結晶をアバランシェ・フォトダイオード (APD) で読み出す。これまでの開発では、LYSO 結晶を選定し、ほぼ実機仕様である試作機を開発・製作して、東北大学電子光物理学研究センターにおいてビーム試験を行ってきた。ビーム試験では、ストローチューブ飛跡検出器の試作機も導入し、両検出器を組み合わせて性能評価を行った。今年度はビーム試験のデータ解析を完了させた。その結果、ECAL 検出器のエネルギー分解能・位置分解能・時間応答、及び、ストローチューブ飛跡検出器の位置分解能が要求性能を満たすことを示した。さらに、ECAL 検出器のトリガー性能を本実験を想定したシミュレーションを用いて研究した。レート耐性・トリガー効率の性能で十分要求を満たすことを示した。最適化の余地が残されているため、引き続き検討を行う予定である。また、ECAL 検出器の試作機を用いて、較正手法の研究を行った。宇宙線による較正は信頼性がある一方、低レートのために較正の時間変動を追跡するには不向きである。そこで、ECAL 検出器を構成するモジュール内に実装した LED を発光させて較正を行い、宇宙線による較正と同等の結果を得られることを示した。実機建設に向けて、低コスト化を図るために、比較的安価な LYSO 結晶を入手して、その基礎的性能を実験室で測定を行った。その結果、試作機に用いたベースラインとする LYSO 結晶とほぼ同等の性能を持つことを示した。APD 光検出器の読み出しでは、波形記録回路の試作機の性能評価を完了させ、改良を加えた試作機を製作した。性能評価は良好な結果を示しつつ、進行中である。今後、検出器モジュール構造・前置増幅器・真空フィードスルー回路も含めて、残る開発を完了させ、実機的设计・建設を進める予定である。

Muon $g-2$ /EDM 実験 物質・生命科学実験施設 MLF における、ミュオンの異常磁気モーメント ($g-2$) と電気双極子モーメント (EDM) を測定する muon $g-2$ /EDM 実験 (J-PARC E34 実験) は、極冷ミュオンビームを用いた全く新しい測定原理に基づく実験である。異常

磁気モーメントの測定は、米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) の E821 実験が 0.54 ppm の精度で SM から 3σ のずれを発表して以来、BSM の探索において注目を集めている。電気双極子モーメントの測定は、BNL E821 実験が $1.9 \times 10^{-19} e \cdot \text{cm}$ の上限値を与えたが、有限の値が BSM の存在を示唆するため、感度を向上した測定が望まれている。J-PARC muon $g-2$ /EDM 実験では、極冷ミューオンビームを用いて、収束電場なしで超高精度磁場中にミューオンを蓄積することにより、 $g-2$ を 0.1 ppm の精度で、EDM を $10^{-21} e \cdot \text{cm}$ の感度で、それぞれを分離して測定する。

本センターでは、本実験に用いるシリコンストリップ検出器を開発している。シリコンストリップ検出器は、ミューオンを蓄積する磁場内に設置し、ミューオンの崩壊で生成される陽電子の飛跡をヒット情報から再構成する。平均ヒット計数率は 1 ストリップあたり 1.4 MHz から二桁低い領域まで変動する。その環境下で計数率に対して安定であり、高検出効率が必要される。その検出器に用いる読み出しチップ (ASIC) の開発を進めている。これまでに、64 チャンネルのアナログチップ Slit2013、128 チャンネルのアナログ部 Slit2014 とデジタル部 GM2DV2 の混載チップ Slit128A、Slit2014 に改良を加えたアナログチップ Slit2016TEG を開発・製作した。Slit2016TEG では、Slit128A で要求を満たさなかったタイムウォークの性能を改善するために、微分回路を導入してゼロクロッシングを用いる。その性能評価のため、評価基板を設計・製作し、ベアチップ実装をワイヤーボンディングにより行った。性能評価を完了させ、タイムウォークの要求を満たすことを示した。一方、残る課題としてノイズの増加・バイアス供給等があり、回路シミュレーションを用いた開発・設計を進め、アナログ・デジタル混載チップ Slit128B を製作した。今後、性能評価を進めていく予定である。また、ASIC の量産化に向けて、検査システムの開発にも着手した。ASIC を量産して検出器に組み込む前に、多くのチップの中から良品を選定する必要がある。また、ウェハーあたりの良品率を知ることも量産化には必要である。プローブステーションに設置する ASIC 単体、または、ウェハー上の ASIC をプローブカードでコンタクトし、電源供給・制御・読み出しを行うことにより、動作試験を行う。ASIC には、現時点で利用できる試作機の Slit128A を用いた。比較的多ピンのプローブカードを製作し、検査システムを構築することに成功した。今後、最終版の ASIC に合わせた修正を行う予定である。

シリコンストリップ検出器の実機に向けた試作機の開発を進めている。検出器の構成要素として、シリコンセンサーはその開発で一定の完成を収め、量産を開始した。読み出し ASIC は Slit128A の開発までは完了し、それを改良した次期チップの設計・製作を進めている。センサーと ASIC の接続には、銅-ポリイミドの大型・高密度フレキシブル基板 (FPC) を用いる。センサー部に用いる FPC は、設計・試作・評価を経て開発を完了し、量産も完了した。ASIC を搭載する FPC は多層であり、表面実装部品も含めて実装度が高い。基板レイアウトの概念設計を完了させ、最終版の ASIC に合わせて設計をさらに進める予定である。センサー部 FPC と ASIC 部 FPC の接続にも、ピッチ変換をするための FPC を用いる。技術限界レベルの狭ピッチであり、ライン数が非常に多いため、FPC の製作技術として

は、難易度が高い。すでに試作機の開発には成功しているが、量産化に向けた製作工程を確立するため、さらに次期試作機の開発を行う予定である。検出器全体は複数のベーン構造から構成される。低物質量のベーンと支持構造体の設計・試作機の開発も並行して進めている。ベーン数は、現実的な支持構造体の設計とシミュレーションによる性能評価により決めた。また、ベーンの試作機を製作し、センサーの接着等組み立て手法の研究にも着手した。主にセンサーと ASIC を組み合わせた検出器の性能評価のため、センサー 1 枚を用いた試作機も製作し、性能評価を行った。MLF 実験施設でミューオニウムの超微細構造を精密測定する MuSEUM 実験では、ミューオニウムからの崩壊陽電子を検出するための検出器が必要である。実験は進行中であるが、さらに高精度を目指した高レート測定を計画している。検出器試作機は MuSEUM 実験で活用することができるため、本実験のビームタイムで検出器試作機を導入し、開発したデータ収集システムとも合わせて、そのオペレーションに成功した。

本実験の実現のためには、高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所の原子核素粒子共同利用実験審査委員会、及び、同機構・物質構造科学研究所のミュオン共同利用実験審査委員会のそれぞれにおいて、本実験の提案に対して stage-1, stage-2 の二段階で審査を受け、採択を得る必要がある。本実験の提案では、新しい原理を用いた測定を実現するため、開発を必要とする新しい技術を多数導入している。採択を得るためには、実験全体の原理・技術・計画で確度が高い技術設計書を完成させ、各委員会に提出して審査を受ける必要がある。昨年度までに各委員会から stage-1 の採択を得ていた。今年度は、技術設計書を完成させ、各委員会で stage-2 の採択を得ることができた。技術設計書の完成に向けて、特に検出器・ソフトウェア・シミュレーションによる最適化・系統誤差評価の課題を重点的に検討し、その執筆を行った。さらに、技術設計書を要約した論文を執筆し、論文誌に提出した。この活動により、本実験の実現に向けて大きく進展したこととなる。

中性子を使った素粒子実験

本センターでは、茨城県東海村 J-PARC/MLF に冷中性子ビームを用いて以下の基礎物理実験を推進している。

本センターでは茨城県東海村の J-PARC 加速器を用いて中性子崩壊寿命を高精度で測定する実験を推進している。中性子寿命を導出するためには中性子のフラックスと β 崩壊の量を知る必要があるが、これまで行われてきた実験では中性子と壁との相互作用やフラックスの系統誤差が問題となっていた。これに対し、我々の実験ではフラックスと β 崩壊電子をガス検出器である Time Projection Chamber (TPC) で同時測定することにより、これまでの実験に伴っていた系統誤差を回避することが可能となる。我々は、この新たな手法を用いて 0.1% の精度で中性子の寿命を測定することを目指している。本年度はデータ収集を引き続き行い、また、既取得データの解析を行なった。データ解析より、検出器動作ガスで散乱された中性子が検出器壁面の LiF に衝突することにより放出されたガンマ線が叩き出すコンプトン

電子が主要な背景事象（以下、ガス起因事象）であることが判明している。ガス起因事象を低減するために低い動作ガス圧でのデータ取得を検討しており、低ガス圧でのデータ取得で必須となる低発熱信号増幅器の開発および試験を引き続き行った。並行して、ソレノイド磁場を用いてガス起因事象を低減する新規実験の検討を行っている。昨年度作製した試作機の動作試験より所期の性能を満たしていることが分かったため、本年度は実機の作製を集中的に行った。九州大学で作製した実機の動作試験を行い、良好な性能を示した。次年度はソレノイド磁石がある高エネルギー加速器研究機構に検出器実機を輸送し、統合試験を行う予定である。また、ソレノイド磁場が本実験現場周辺の電子機器に与える影響をシミュレーションにより見積もり、その対策として磁気遮蔽体の設計を行った。次年度に遮蔽体の作製およびJ-PARC ビームラインへの設置を予定している。

中性子吸収反応による複合核共鳴状態では部分波干渉によって空間反転対称性の破れが極めて大きく観測される場合が存在する。時間反転対称性の破れについても同様の増幅効果が現れる可能性が理論的に示唆されており、中性子の電気双極子能率探索実験を超えた感度を持ちうる。本実験は茨城県東海村のJ-PARCにて行う計画だが、現在はJ-PARC/MLF/BL04で取得したデータによる標的核の選定および各種デバイス開発を行っている。本年度は、標的核候補の一つであるスズおよびカドミウムのデータ取得およびデータ解析を行った。今後はより詳細な解析ののち、未知パラメータの決定を目指す。並行して、光三重励起状態を用いた動的核偏極法による中性子偏極装置の開発を行っている。本年度は作製した結晶の偏極実験を行った。また、装置一式を理化学研究所の小型中性子発生ビームラインに設置し、中性子照射試験を行った。現在、取得データの解析を行っている。また、九州大学にて同様の動的核偏極装置の整備を行っている。電磁石、レーザーの設置および動作確認を行い、続いて陽子による核磁気共鳴の確認を目指している。

また、本センターは低エネルギーの中性子とキセノン原子の散乱によりナノメートルスケールで未知の相互作用を探索する実験を推進している。取得データの解析の結果ナノメートル以下で世界最高感度を達成し、すでに投稿論文として公表している。本年度は系統誤差の理解のため、キセノン原子以外の希ガスでのデータ収集を行った。現在取得データの解析およびまとめを行っている段階である。また、中性子とナノ粒子の散乱による新規実験の検討を開始した。

研究業績

原著論文

- M. Abe *et al.* [J-PARC Muon $g-2$ /EDM Collaboration], “A New Approach for Measuring the Muon Anomalous Magnetic Moment and Electric Dipole Moment”, arXiv:1901.03047 [physics.ins-det], 1 (2019) [Prog. Theor. Exp. Phys. 2019, 053C02]

(2019)].

- T. Okudaira, S. Takada, J. Koga, T. Yoshioka *et al.*, "Measurement of Angular Distributions in $^{139}\text{La}(n,\gamma)$ Reaction for T Violation Search" JPS Conf. Proc. 22, 011041 (2018).
- N. Oi, T. Yoshioka *et al.*, "A Search for Possible Deviations from Newtonian Gravity at the nm Length Scale Using Neutron-Noble Gas Scattering", JPS Conf. Proc. 22, 011039 (2018).
- N. Sumi, T. Yoshioka *et al.*, "Precise Neutron Lifetime Measurement with a Solenoidal Coil", JPS Conf. Proc. 22, 011036 (2018).
- J. Koga, S. Takada, T. Yoshioka *et al.*, "Measurement of (n, γ) reaction of ^{117}Sn for T-violation search by using compound nucleus", JPS Conf. Proc. 22, 011035 (2018).
- M. Kitaguchi, J. Koga, S. Takada, T. Yoshioka *et al.*, "Fundamental Physics Using High-Performance Optics", JPS Conf. Proc. 22, 011034 (2018).
- K. Mishima, J. Koga, N. Sumi, S. Takada, T. Tomita, T. Yoshioka *et al.*, "Fundamental physics activities with pulsed neutron at J-PARC (BL05)", JPS Conf. Proc. 22, 011033 (2018).
- S. Endo, S. Takasa, J. Koga, T. Yoshioka *et al.*, "Development of High-Counting-Rate Neutron Detector for CP-violation Search in Neutron-Induced Reactions", JPS Conf. Proc. 22, 011021 (2018).
- T. Yamamoto, S. Takada, J. Koga, T. Yoshioka *et al.*, "Development of a neutron spin filter for a T violation search in compound nuclei", JPS Conf. Proc. 22, 011011 (2018).

- R. Katayama, T. Yoshioka *et al.*, "Development of new neutron mirrors for measuring the neutron electric dipole moment", JPS Conf. Proc. 22, 011009 (2018).

国内での講演

- J-PARC における新しい手法によるミュー粒子双極子能率精密測定実験
吉岡瑞樹
シンポジウム「素粒子と原子物理の融合が拓く新たなミュー粒子物理のフロンティア」
日本物理学会第 74 回年次大会、2019 年 3 月、九州大学
- J-PARC muon $g-2$ /EDM 実験：シリコンストリップ検出器の試験モジュールの製作と
実機製作に向けた開発
山中隆志
日本物理学会第 74 回年次大会、2019 年 3 月、九州大学
- Muon $g-2$ /EDM experiment at J-PARC
山中隆志
RCNP 研究会「中性子と原子で探る基礎物理」、2018 年 8 月、大阪大学
- A search for deviations from the inverse square law of gravity at nm range using a
pulsed neutron beam
吉岡瑞樹
RCNP 研究会「中性子と原子で探る基礎物理」、2018 年 8 月、大阪大学

3.3.2 アウトリーチ活動

サイエンスカフェ@ふくおか

福岡・佐賀に跨がる脊振山地が建設候補地の一つである国際リニアコライダー (ILC) 計画の周知・理解を目的として 2012 年 8 月より月 1 回の頻度でサイエンスカフェを開催してきた。2013 年 11 月より、「九州大学を始め県内の科学リソースを使い、多くの県民の方に科学への興味、知的好奇心を持っていただくこと」を趣旨とし、テーマを ILC に限定せず
に分野の幅を広めた。本センターはサイエンスカフェの企画・立案、講師の選定・依頼、当

日の司会進行までを一貫して責任担当している。これまでの参加者は、小学生から高齢者まで幅広く、毎月サイエンスカフェを楽しみにしている固定ファンの獲得にも成功している。

- 第64回 2019年3月2日
「身体も心！～心理学のこれからについて考える～」(参加者約40名)
講師：九州大学基幹教育院 山田祐樹
- 第63回 2019年1月25日
「身体の中にお医者さんを送り込む！～ナノテクノロジーで診る、治す～」(参加者約40名)
講師：九州大学工学研究院応用化学部門 岸村顕広
- 第62回 2018年12月14日
「次元の謎に迫る！～空間は本当に3次元か～」(参加者約40名)
講師：九州大学基幹教育院 小島健太郎
- 第61回 2018年11月16日
「日本酒の香りを科学する！～ナノテクノロジーを使った香りの制御～」(参加者約40名)
講師：九州大学大学院理学研究院 村山美乃
- 第60回 2018年10月19日
「ロボットの身体・知能に迫る！～人のように振る舞うロボットは作れるか～」(参加者約40名)
講師：九州大学大学院工学研究院 田原健二
- 第59回 2018年9月21日
「水素細菌の謎に迫る！～水素酵母の探索と燃料電池への応用～」(参加者約40名)
講師：九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 尹基石
- 第58回 2018年8月3日
「同期現象の謎に数学で迫る！～メトロノームはなぜ揃う～」(参加者約40名)
講師：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 千葉逸人
- 第57回 2018年6月22日
「CGの謎に迫る！～ちょっと変わったCGのこと～」(参加者約40名)
講師：九州大学芸術工学研究院 森本有紀
- 第56回 2018年5月25日
「磁性ゴムの謎に迫る！～やわらかい動きと4次元プリンタ～」(参加者約40名)
講師：九州大学大学院研究院 津守不二夫

- 特別版 2018年4月15日
「宇宙の謎に迫る!?!～姿を変えるニュートリノとニュートリノの小さい質量～」(参加者約40名)
講師：東京大学卓越教授・特別栄誉教授 東京大学宇宙線研究所所長 梶田隆章
- 第55回 2018年4月6日
「動き」と「計算」の関係に迫る!～モバイルロボット群の分散協調～」(参加者約40名)
講師：九州大学大学院システム情報科学研究院 山内由紀子

3.4 競争的資金獲得状況

- 平成27-31年度 科学研究費補助金・基盤研究(S)「ミュオン異常磁気能率の精密測定による新物理法則の探索」(分担：吉岡瑞樹)(平成30年度配分額：9,900千円)
- 平成28-30年度 科学研究費補助金・基盤研究(A)「J-PARC大強度パルス中性子を用いた中性子寿命の測定」(分担：吉岡瑞樹)(平成30年度配分額：300千円)
- 平成29-31年度 科学研究費補助金・基盤研究(B)「時間反転対称性の破れの探索のための、偏極中性子による原子核反応の精密測定」(分担：吉岡瑞樹)(平成30年度配分額：500千円)
- 平成30-令和2年度 科学研究費補助金・基盤研究(B)「ソレノイド磁場と新型ガス検出器を組み合わせた高精度中性子寿命測定実験」(代表：吉岡瑞樹)(平成30年度配分額：7,600千円)
- 平成29-30年度 九州大学 Progress100, 若手研究者グローバル育成型(代表：音野瑛俊)(平成30年度配分額：1,000千円)
- 平成30年度 九州大学 QR プログラム「ストリップ型シリコン検出器を用いたミュオンラジオグラフィーの新展開」(代表：音野瑛俊)(平成30年度配分額：1,300千円)
- 平成30-31年度 科学研究費補助金・若手研究「ストリップ型シリコン検出器と超伝導磁石を用いたミュオンラジオグラフィーの新展開」(代表：音野瑛俊)(平成30年度配分額：1,700千円)