

高エネルギー素粒子物理学実験研究

研究代表者 寄田 浩平
理工学術院総合研究所／先進理工学部物理学科 教授

1. 研究課題

2012年7月、本研究室が参加する欧州原子核共同研究機構（以下 CERN）における LHC 加速器を用いた ATLAS/CMS 実験で、標準模型の最後の宿題であったヒッグス粒子をついに発見した。また、 τ 粒子とヒッグス粒子の湯川結合に関しても、Run1 全データ (2011-2012 年) を用いて存在証拠を示すことに成功し、その功績により博士学位を取得した学生（桜井雄基：現 IPMU 研究員）は 2016 年度の高エネルギー物理学奨励賞及び日本物理学会若手奨励賞を受賞した。一方、LHC 加速器は 2015 年に重心系エネルギーを 13TeV に増強、その後 2016 年度も瞬間輝度を上げ、ATLAS 実験における解析積分データは合計で約 35fb^{-1} に達した。今後、LHC 加速器は Run2 実験中の 3 年間で 120fb^{-1} を蓄積する予定である。ヒッグス粒子の発見によって標準模型で予言されている粒子はすべて出揃ったため、今後あらたに発見される粒子はまちがいになく、“Physics Beyond the Standard Model” である。そこで 2016 年度はヒッグス機構のさらなる解明に加え、新粒子・新現象探索に焦点を当てた研究展開を図った。また、今後の LHC 加速器の高エネルギー化 (13→14TeV)・高輝度化 (現在の 2~3 倍) に伴うパイルアップ (1 衝突当たりの多重反応) 問題を解決するための新しいトリガーハードウェアシステム (FTK) の開発研究も引き続き行った。長年行ってきたこのカスタム電子回路基板の量産が終了したため、ATLAS 検出器への挿入・運転を進めた。ハードウェア開発構築だけでなく、実際の FTK からの飛跡情報の利用方法 (オンライントリガーでの τ 識別や衝突点再構成) についても新しいアイデアを提案しながら、より汎用的な研究を展開している。

LHC/ATLAS 実験における早稲田大学の役割・貢献として 2016 年度に行った主な研究課題を以下に示す。それぞれの詳細については研究成果の項で記述する。

1. Single-/Di- τ トリガーの評価
2. ヒッグス粒子が $\tau\tau$ に崩壊する過程を用いた質量測定
3. トップクォークとヒッグス粒子の結合 (トップ湯川結合) の測定
4. 新しい重粒子探索、とりわけ高運動量に“ブーストされたジェット”の評価・改善
5. 新粒子 (超対称性長寿命粒子) 探索に向けた“消失飛跡”の基礎研究
6. 高速飛跡再構成システム (FTK: Fast Tracker) の構築・挿入・運転

一方、暗黒物質探索を目的とした高感度検出器 (気液 2 相型アルゴン光検出器) の開発も行っている。低質量 WIMP ($10\text{GeV}/c^2$) の探索に向け、今年度は以下の項目に注力し研究を進めた。

①環境 γ 線の定量的な理解と鉛シールド増強による Ar39 の観測と評価、②低エネルギー領域の電子反跳事象の理解、③30cm ドリフト・プロトタイプ検出器構築と Ar 純化、④有効質量 30kg の本検出器の設計・一部構築、⑤神岡地下環境での環境中性子測定、⑥探索感度の算出である。

Ar39 は Ar 中に 1Bq/kg 程度含まれる放射線同位体であるため、最終的に残る電子反跳背景事象となる。検出器周囲に約 4 トンの鉛を増強設置し、環境 γ 線を遮蔽した結果、Ar39 量が誤差の範囲内で

文献値と一致することを示した。また、各種 γ 線源・中性子線源を用いて、低エネルギー領域での波形識別変数の評価も行った。また、本検出器に向けた30cmドリフト検出器を構築し、CW増幅回路にて40kVの電圧印加が実装可能なことを示した。純化システムにより、本実験に十分な高純度（電子減衰時定数で1ms以上）を達成することができた。また地下実験に向けて、液体シンチレータを用いた神岡地下施設での環境中性子測定も行った。1MeV以上の高エネルギー領域で地上に比べて1000分の1程度になる結果を得たが、低エネルギー領域では検出器部材の放射線背景事象が支配的になり、算出が困難なことがわかった。さらなる理解に向けて検出器の純化を進める必要がある。一方、検出器部材の低バックグラウンド化に向けた種々部材スクリーニング、系列放射線核種の観測と活性炭による除去の検討も並行して推進した。それらを統合し、本検出器の設計を一通り終了、実際に100kg \cdot days程度でも閾値を下げることで10GeV/c²WIMPの探索が可能なことを示した。

この研究に関する詳細は共同研究者である理工研次席研究員（研究院講師）・田中雅士氏の年次報告に記述されているため、この報告書では詳細を割愛することとする。

2. 主な研究成果

ATLAS/LHC 実験（重心系エネルギー 13TeV の陽子・陽子衝突型実験）

早稲田大学グループは2009年10月の正式承認をふまえ、CERNにおける世界最高エネルギー加速器LHCを用いたATLAS実験に参加し、ヒッグス粒子研究をはじめとする最先端エネルギーフロンティアにおける素粒子研究を行っている。2016年度の早稲田グループの成果を研究項目毎に記述する。

2.1 τ トリガー構築・評価とトップクォークとヒッグス粒子の結合（トップ湯川結合）の研究

LHCは重心系エネルギーを13TeVに増強、バンチスペースも50nsから25nsに変更し、高エネルギーかつ高輝度実験として稼動している。Run2ではHiggs粒子などの重い粒子の生成断面積を向上させる恩恵がある一方、パイルアップ事象の増加やトリガーレートの圧迫により、物理解析に悪影響を及ぼす可能性がある。その中でも重要なハドロン崩壊するタウトリガーの評価を主導的に行っている。とくにこれまでの研究成果（ $Z \rightarrow \tau \tau \rightarrow \mu \text{ had}$ 事象を用いたtag&probe法による抽出評価）にくわえ、2つの τ を同時に要求したdi- τ triggerに着目した研究を行った。これは、複数のオブジェクトが相互に関連する非常に複雑な過程だが、ヒッグス粒子の性質精査や今後のトップ湯川結合測定に重要なトリガーパスである。これまでの結果は、暫定的にオブジェクト周りの飛跡数を新たな変数として加えることで、信号事象のトポロジー依存性を軽減できることを示唆している。一方、ヒッグス湯川結合の中でもっとも興味深く、かつ解析が困難なのはトップクォークとの直接結合の探索・測定である。今年

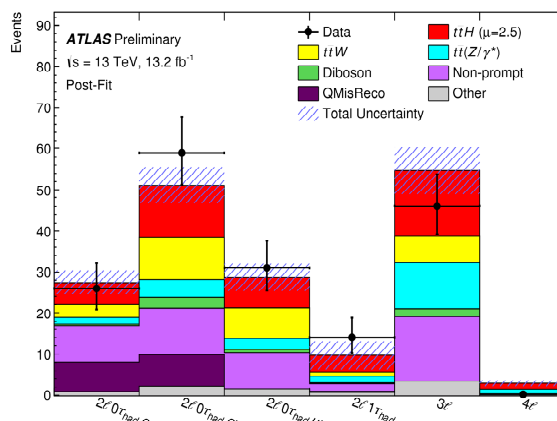


図1: 種々のttH過程解析結果のサマリー

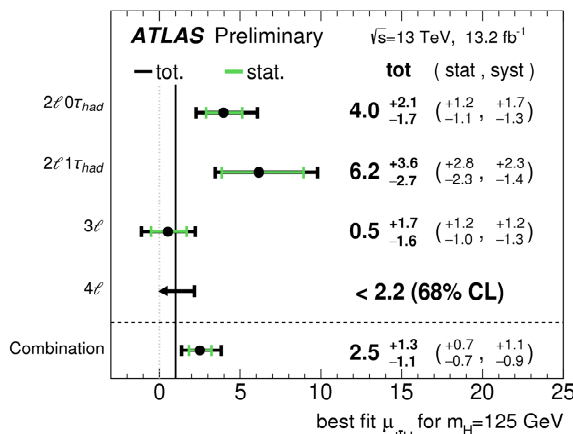


図2: 測定したttH過程の信号強度

度は、研究室所属の博士課程学生が主体となり、マルチレプトン過程による ttH 探索の公式結果を得るに至った (図 1、図 2)。終状態に同電荷のレプトン 2 つとハドロン崩壊する τ が 1 ついることを要求することで、効果的に背景事象を除去し、S/B を向上させる手法である。偽信号背景事象 (ジェット→レプトン) の見積もりがモンテカルロシミュレーションでは困難なため、信号事象が少ないコントロール領域のデータを用いることで偽信号背景事象を精度よく見積もることに成功した。

2.2 新しい重粒子探索、高運動量“ブーストジェット”の評価・改善

本研究は TeV 以上の重い未知粒子が SM ボソン (W/Z/H) に崩壊する過程に着目する。終状態としては、発見感度・崩壊分岐比が最も高いハドロン崩壊を用いる。一般に、新粒子が重いいため、崩壊粒子は TeV 以上の高い運動量で Boost され、SM ボソンからの 2 つのジェットは検出器の狭い空間領域に収束する。その結果、2 つのサブ構造 (小ジェット) をもつ半径の大きな 1 つのジェットとして観測される。これを背景事象である QCD ジェットと区別し、さらにパイルアップ等の影響によるバイアスを最小化する解析手法を確立することがこの探索の肝である。この解析は Run1 でも行われたが、その探索方法の最適化、妥当性の検証、発見感度の点でいまだ不十分な状況である。2016 年度は、半径の大きなジェットのエネルギー分解の評価と同定手法そのものの改良を行い、実際の探索を行った。顕著な超過見られなかったため、新粒子に対して 2.0TeV の下限値制限を加えた。種々の改善による探索能力の向上期待値は 700GeV で、非常にインパクトのある成果である (図 3、図 4)。

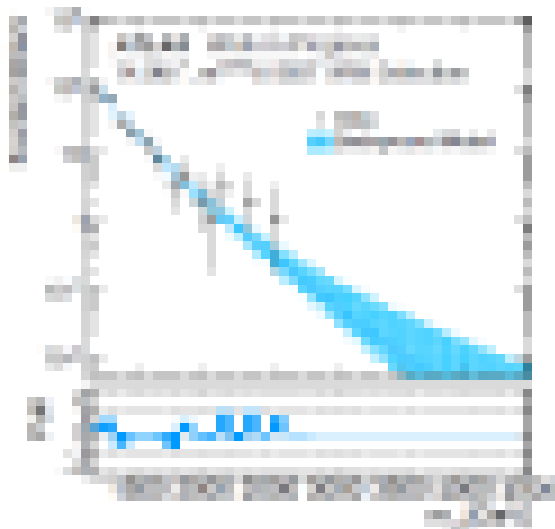


図 3: Boosted jet 用いた VV 質量分布

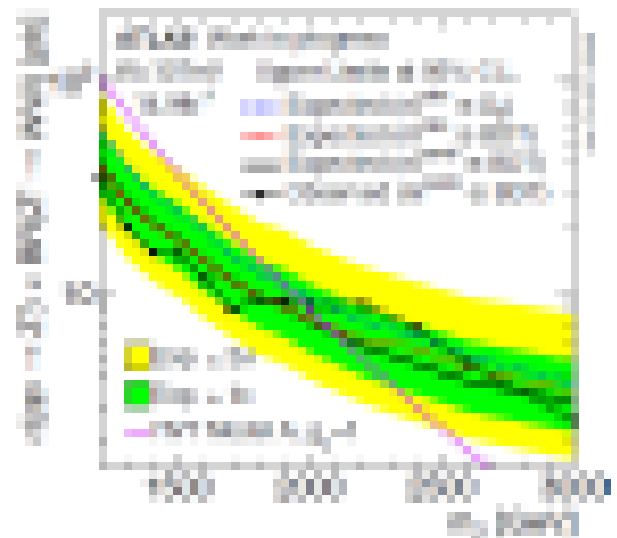


図 4: 新粒子に対する制限曲線

2.3 新粒子探索に向けた“消失飛跡”の基礎研究

超対称性 (SUSY) 粒子はフェルミオンとボソンのスピンに対する対称性を課すことで、標準模型粒子とペアを組むような粒子が要請される。それに伴い Higgs 粒子の質量階層性問題、GUT スケールでの結合定数の統一、暗黒物質の候補など標準理論での問題点の解決が期待されている。

SUSY の枠組みの中で、暗黒物質の有力候補である Wino が LSP となる シナリオを扱った。この場合、チャージーノ ($\tilde{\chi}_1^\pm$) とニュートラリーノ ($\tilde{\chi}_1^0$) の質量が縮退し、 $\tilde{\chi}_1^\pm$ が長寿命となる。そのため、内部飛跡検出器内で崩壊し、消失飛跡と呼ばれる特殊飛跡として検出される。物理過程としての背景事象は存在せず、異なる飛跡のヒット同士を誤って結んだ偽飛跡や、検出器部材との散乱・大きな制動放射による散乱によって消失飛跡として見えてしまう飛跡が主な背景事象となる。そのため、

解析結果の信頼性を高めるためにも実データに基づいた背景事象評価が必要となる。また、今年度は、短寿命領域における感度のさらなる向上のため、新しく最内 Pixel 2 層と衝突点のみで再構成す超短飛跡の再構成法について検討した。その結果、この手法により 100mm 以下の超短飛跡の信号取得効率が大幅に改善され (図 5)、また、Collinear 法による運動量再構成も可能なことがわかった (図 6)。今年度公表した結果にくわえ、今後この手法を充実化させ、Wino LSP のみならず、Higgsino LSP 探索にも感度がでるよう、研究を進める必要がある。

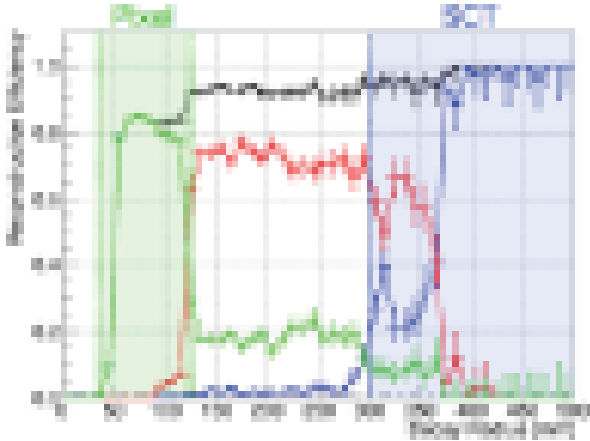


図 5: 超短飛跡 (緑) による取得効率の回復

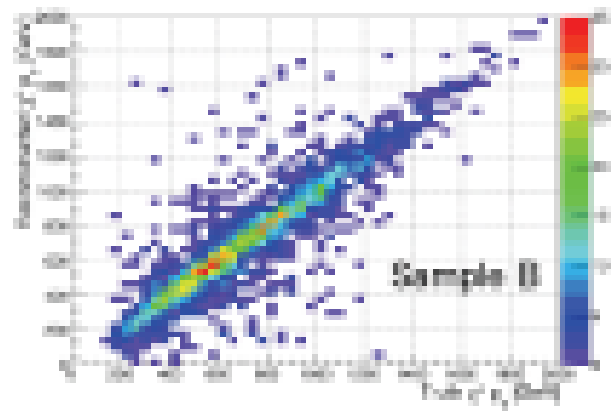


図 6: Collinear 法による運動量再構成性能

2.4 高速飛跡再構成システム (FTK: Fast TracKer) の構築・挿入試験

ATLAS Upgrade である Fast tracking trigger システム (FTK) のエレクトロニクス回路開発を行っている。本プロジェクトは ATLAS 実験で正式承認されている増強計画の一つである。早稲田グループは、実機開発として特に FTK システムの最上流でシリコン検出器から 40MHz の高速通信 (optical fiber) で送信されるヒット情報を受信し、クラスタ化する機能をもつ受信カードの設計を行い、これまでプロトタイプを製作してテストを行ってきた。2016 年度は、とくに ATLAS 検出器への挿入を進め、一部、試運転を開始することができた。これまでの開発と 2016 年度の活動に関する詳細は、全て高エネルギーニュースを参照されたい。以下、要点を簡単に整理する。

- ① ハードウェア動作試験、挿入作業、ATLAS Run Control への実装
- ② 実機で運用するパターン・コンスタント生成とチューニング
- ③ Timing Simulation を用いた実機変数の最適化とそれによる飛跡変化の評価
- ④ Fast Simulation の構築

2016 年度は、様々な課題を推進したが、なかでも顕著な成果は、CERN/ATLAS 実験現場における FTK システムの受信部から後段出力部までの一連のデータフローを確立したことである (右写真)。これにより、実運転に向けてのデータの授受が確率したといえる。また、ビームハローに伴う複数ヒットのクラスタリング (図 7) に関して、f/w に例外処理を実装し対応可能にもすることができた。一方で、早稲田大学が主担当で構築を進めている実運転対応のパターンバ



ンク・フィット定数の生成も完了し、本格的な実運転に備え、万全の体制を整えることができた。その他にも、FTK のトリガー運用評価に重要なシミュレーションの高速化の開発を行い、あたらしく truth track seed 法により、飛跡再構成率とともに分解能も再現可能なことを示した (図 8)。今後はフェイクヒット等も生成するアルゴリズムを開発する必要がある。

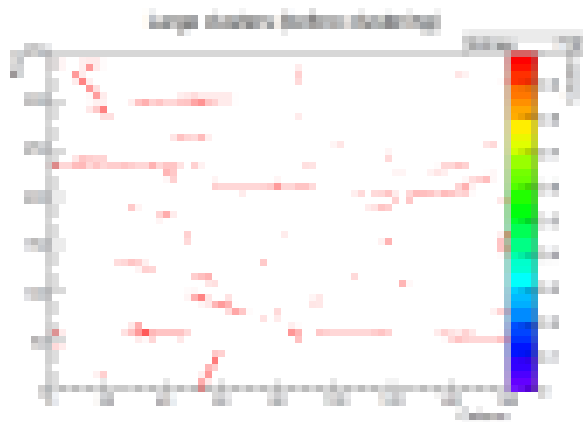


図 7: ビームハローの影響で連続するヒットをもつ Pixel モジュールの例

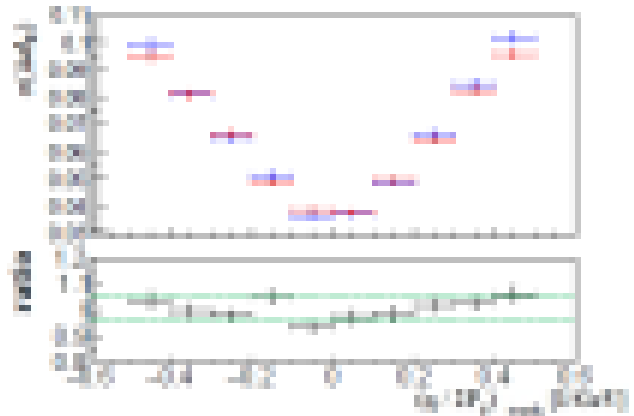


図 8: Full(青)と Fast(赤) Simulation の分解能比較 (衝突係数)

以上のように、大規模国際協力実験の中でトリガー回路基板の開発・製作・挿入・運転、アルゴリズム提案から新しい物理解析まですべて同時に遂行している。引き続き、こういった研究をさらに進め、本格的なヒッグス機構の検証や Run2-13TeV というエネルギーフロンティアでの新物理・新現象の発見を行うのが次年度以降の課題である。

3 共同研究者

田中 雅士 (理工学研究所・次席研究員、研究院講師)

木村 直樹 (ギリシャ・AUTH/CERN)

The ATLAS Collaboration (国際協力: CERN, Univ. of Geneva, Univ. of Melbourne etc)

ATLAS-FTK group (国際協力: Univ. of Chicago, Stanford Univ., INFN Pisa, Frascati etc)

東京大学素粒子国際研究センター (ICEPP)、京都大学

東京大学宇宙線研究所、神戸大学、名古屋大学、大阪大学

The CDF Collaboration (国際協力: Fermilab, USA)

☆ 学外共同研究者は多数いるため、各個人の氏名は省略。

4 研究業績

4.1 学術論文 (主要なものを抜粋)

“Design of a hardware track finder (Fast Tracker) for the ATLAS trigger”

V. Cavaliere, K. Yorita et. al., JINST11 (2016) C02056

“Reconstruction of hadronic decay products of tau leptons with the ATLAS experiment”

G. Aad, K. Yorita et. al. (ATLAS Collaboration), Eur. Phys. J. C76 (2016) 295

“Test of CP invariance in vector–boson fusion production of the Higgs boson using the Optimal Observable method in the ditau decay channel with the ATLAS detector”

G. Aad, K. Yorita et.al. (ATLAS Collaboration), Eur.Phys.J. C76 (2016) 658

“Searches for heavy diboson resonances in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector”

G. Aad, K. Yorita et.al. (ATLAS Collaboration), JHEP09 (2016) 173

“Performance of the ATLAS trigger system in 2015”

M. Aaboud, K. Yorita et.al., (ATLAS Collaboration), arXiv:1611.09661

“Search for dark matter produced in association with a hadronically decaying vector boson in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector!

M. Aaboud, K. Yorita et.al., (ATLAS Collaboration), Phys.Lett. B763 (2016) 251–268

“Dark matter interpretations of ATLAS searches for the electroweak production of supersymmetric particles in $\sqrt{s}=8$ TeV proton–proton collisions”

M. Aaboud, K. Yorita et.al., (ATLAS Collaboration), JHEP 1609 (2016) 175

“Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its coupling from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at $\sqrt{s}=7$ and 8 TeV”, G. Aad, K. Yorita et.al., (ATLAS and CMS collaborations), JHEP 1608(2016) 045

“Status of the ANKOK project: Low mass WIMP search using double phase argon detector”

M. Tanaka, K. Yorita, PoS ICHEP2016 274

“Performance of VUV–sensitive MPPC for liquid argon scintillation light”

T. Igarashi, M. Tanaka, T. Washimi, K. Yorita, NIM A v833, 239–244

“Low Energy Response on Liquid Argon Scintillation and Ionization Process for Dark Matter Search”

M. Kimura, M. Tanaka, K. Yorita, JPS Conf. Proc. 11, 040003 (2016)

“Performance and Application of VUV–sensitive MPPCs for Liquid Argon Scintillation Light”

T. Washimi, M. Tanaka, K. Yorita, JPS Conf.Proc.11, 030002 (2016)

* その他共著論文多数

4.2 講演

国際会議 :

(Invited) K. Yorita for the ATLAS and CMS Collaborations
Top quark couplings to the Higgs boson and EW gauge boson
International Workshop on Future Linear Colliders 2016, December, Alina Center, 岩手県

(Invited) T. Mitani for the ATLAS Collaboration
Search for the 125 GeV Higgs Boson produced in association with top quarks
The 2nd International Conference on Particle Physics and Astrophysics 2016, October, Moscow, Russia

(Invited) T. Kaji for the ATLAS Collaboration
Search for winos using a disappearing track signature in ATLAS
52nd Rencontres de Moriond EW 2017, March, La Thuile, Italy

(Invited) T. Nitta
Boosted object tagging with jet substructure in LHC-ATLAS experiment
Theoretical and Experimental Issues on Jet structure at Hadron Colliders, 2017, January, IPMU

(Invited) T. Iizawa
Input Mezzanine Card for the Fast Tracker at ATLAS
International Conference on IEEE-NSS 2016, October, Strasburg, France

T. Washimi, K. Yorita et. al.
The ANKOK project – Status of R&D toward Low mass WIMP search
Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2016, May, University of Tokyo

M. Tanaka, K. Yorita et. al.
Status of R&D of the ANKOK project: Low mass WIMP search using double phase argon detector
38th International Conference on High Energy Physics, 2016, August, Chicago, USA

(Invited) M. Tanaka, K. Yorita et. al.
Neutron Measurement at Kamioka
CAASTRO-COEPP WS & CYGNUS Collaboration Meeting, 2017 February, Melbourne, Australia

日本物理学会 :

2016年9月21-24日 : 日本物理学会秋季大会@宮崎大学
三谷貴志、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験 Run 2 における multi-lepton 終状態での ttH 過程探索」
新田龍海、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験における高運動量を持つ大半径ジェットの

エネルギー分解能の評価」

- 梶山慶輔、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験における高速飛跡トリガー (FTK) の構築状況と
処理時間の評価」
木村真人、寄田浩平他「ANKOK 実験 13: プロトタイプ検出器を用いた背景事象分離能力の評価」
鷺見貴生、寄田浩平他「ANKOK 実験 14: 質量 30kg 検出器の設計および製作状況」
田中雅士、寄田浩平他「ANKOK 実験 15: 低質量暗黒物質探索感度評価」
鈴木優飛、寄田浩平他「液体シンチレータを用いて地下環境高速中性子の測定」

2017 年 3 月 17-20 日 : 日本物理学会年次大会@大阪大学

- 新田龍海、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験 Run2 における高運動量 W/Z ジェット対共鳴探索
の感度向上の研究」
加地俊瑛、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験 Run2 における大きな dE/dx を持つ
短い消失飛跡検出による長寿命荷電ゲージノ探索」
猪飼孝、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験における τ レプトン対に崩壊する
ヒッグス粒子の質量測定に向けた研究」
飯澤知弥、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験における高速飛跡トリガー (FTK) の
インストール及び試運転の現状」
下釜佳大、寄田浩平他「LHC-ATLAS 実験 Run-2 における di-tau trigger の性能評価」
鷺見貴生、寄田浩平他「ANKOK 実験 16: テストスタンドの増強と基礎特性評価」
中新平、寄田浩平他「ANKOK 実験 17: シールドによる環境 γ 線の低減と内部背景事象の理解」
木村真人、寄田浩平他「ANKOK 実験 18: 低エネルギー電子反跳事象の理解」
田中雅士、寄田浩平他「ANKOK 実験 19: 質量 30kg 検出器の構築状況と今後の展望」
鈴木優飛、寄田浩平他「液体シンチレータを用いた神岡地下における環境中性子測定」

他研究会、国内シンポジウム等 :

- (招待講演) 寄田浩平「気液 2 相型アルゴン光検出器による暗黒物質探索」
東大宇宙線研究所共同利用研究成果発表会 東京大学 2016 年 12 月 10 日
(招待講演) 寄田浩平「気液 2 相型アルゴン光検出器による暗黒物質探索」
ダークマター懇談会 梅田神戸大学サテライト 2017 年 1 月 27-28 日
(招待講演) 寄田浩平「気液 2 相型アルゴン光検出器の開発と高感度化」
「極低放射能技術」研究会 流葉山荘, 岐阜県 2017 年 2 月 19-21 日
(招待講演) 寄田浩平「FastTracker」アトラス日本総会 宮崎大学 2016 年 9 月
(招待講演) 寄田浩平「FastTracker」アトラス日本総会 大阪大学 2017 年 3 月
(招待講演) 飯澤知弥、LHC-ATLAS 実験における高速飛跡トリガーシステムの開発
名古屋大学 F 研セミナー、2016 年 4 月、名古屋大学
(一般講演・招待講演) 田中雅士
宇宙最大の謎ダークマターをとらえる～見えない物質をどのように検出するか～
第 31 回東濃地科学センターセミナー、2017 年 3 月 26 日、瑞浪市地域交流センター、岐阜県

ATLAS Boosted Object Workshop Heidelberg 2016、4 月、Heidelberg、Germany
新田龍海、Boson-Tag with BDT

ATLAS TDAQ Week、2016年5月、CERN、スイス
飯澤知弥、FTK Offline Software

ATLAS Hadronic Calibration Workshop 2016、9月 Corfu、Greek
新田龍海、Estimation of Large-R JER with Dijet Events

ATLAS TDAQ Week、2016年9月、バルセロナ、スペイン
飯澤知弥、FTK Offline Software

ATLAS HTop Workshop、2016年10月、CERN、スイス
三谷貴志、Tau-Tagging for HTop

ATLAS Tau Performance/ Higgs to Leptons Workshop 2016、10月、Sheffield、UK
猪飼孝、Online Tau ID

ATLAS FTK Workshop 2016年12月 CERN (スイス)
亘龍太郎、FTK Fast Simulation
飯澤知弥、The impact of the Disabled Modules and Wild Cards
加地俊瑛、Sectors and constants production summary

第6回高エネルギー物理 春の学校 2016年5月 びわこクラブ (滋賀)
矢口徹磨他、ANKOK 実験における R_n : 検出較正と本実験に向けた低減対策

第1回新学術領域 A, B, C 班合同若手研究会、2016年7月、名古屋大学
菊地崇矩、ANKOK 実験の現状と神岡中性子測定

第7回新学術領域 B02 班若手研究会、2016年11月 神戸大学
木村真人、暗黒物質候補 : sterile neutrino
竹村祐輝、ANKOK 実験における内部放射線背景事象

極低放射能技術研究会、2017年2月 流葉山荘、岐阜県
鈴木優飛、寄田浩平他、中性子測定コンソーシアム
竹村祐輝、寄田浩平他、ANKOK 実験における内部放射線背景事象

23rd ICEPP Symposium、2017年2月、岳美山荘、白馬村、長野県
木村真人、寄田浩平他、暗黒物質直接探索実験 ANKOK における電子反跳事象の理解

第8回 B02 班若手研究会、2017年3月 ゆのくに天祥、加賀市、石川県
木村真人、中新平、鈴木優飛、(各々) 新学術3年間における私の研究
菊地崇矩、竹村祐輝、(各々) ANKOK 実験における私の研究

矢口徹磨、液化器に関する研究

飯島 耕太郎、ANKOK 実験のための環境 γ 線測定と理解

4.3 その他、学会および社会的活動等

2013年11月～2017年3月 ATLAS-Japan 物理解析審査員
 2015年9月～現在 高エネルギー委員・将来計画検討委員
 2015年10月～現在 MOCAS International Conference, Program Committee
 2016年2月～現在 高エネルギー物理学研究者会議 測定器開発優秀修士論文賞 審査委員
 2016年10月 日本学術振興会 日独先端科学(JGFoS)シンポジウム参加 ポツダム、ドイツ
 2016年9月 日本物理学会秋季大会@宮崎 ヒッグス・B・ニューの物理セッション座長
 2017年3月 日本物理学会年次大会@大阪大学 測定器開発セッション座長
 2016年～現在 早稲田大学重点研究領域 Fundamental Science and Technology 部門代表
 2016年度 学術振興会特別研究員審査委員
 2016年度 科研費審査委員(新学術領域)
 2016年度 高エネルギー加速器研究機構 CERN 派遣研修(事務)候補者審査委員

日経新聞記事掲載：2016年10月17日 「暗黒物質の観測へ」

朝日新聞出版「AERA」掲載：2017年2月号 「階層を越えた最先端物理学」

4.4 受賞褒章・著書・寄稿

(受賞) 桜井雄基(現 IPMU)：対象論文 博士学位論文(2015年度)

2016年度 第18回高エネルギー物理学奨励賞および第11回日本物理学会若手奨励賞

(受賞) 寄田浩平：2016年度 早稲田大学リサーチアワード(国際研究発信力)

(著書・寄稿) “ATLAS 実験における Fast Tracker (FTK) の開発・構築”

寄田浩平、飯澤知弥他, 高エネルギーニュース 第35巻3号 p146-154 2016年10/11/12月

(著書・寄稿) “地下素核実験のための中性子測定コンソーシアム”

田中雅士、鈴木優飛他, 高エネルギーニュース 第35巻4号 p229-237 2017年1/2/3月

(著書・寄稿) 応物物理学会会報「ヒッグス機構の実験的検証」

4.5 学位論文

博士論文：

三谷貴志 in progress(執筆中)

飯澤知弥 in progress(執筆中)

修士論文：

鈴木優飛「神岡地下実験室における液体シンチレータを用いた環境中性子測定」

木村真人「暗黒物質直接探索実験 ANKOK における液体 Ar 応答と電子反跳背景事象の理解」

中新平「ANKOK 地上実験テストスタンドの構築及び環境 γ 線の低減」

新田龍海「LHC-ATLAS 実験における内部構造を持つ高運動量ジェットを用いた Diboson 共鳴探索」

猪飼孝「LHC-ATLAS 実験における $H \rightarrow \tau \tau$ 事象を用いたヒッグス粒子の質量測定」

川口佳将「LHC-ATLAS 実験における FTK 受信モジュールの量産結果と性能評価」

亘龍太郎「LHC-ATLAS 実験における高速 FTK シミュレーションの開発及び構築」

学士論文：

上田春来「ATLAS 実験での FTK 実機運用に向けた飛跡分解能の評価」

下釜佳大「ATLAS 実験 Run2 における di-tau トリガーの評価」

澤弘樹「ATLAS 実験における多変量解析を用いた高運動量 Top ジェット同定に関する研究」

飯島耕太郎「ANKOK 実験のための環境 γ 線測定と理解」

水江陽太「VUV-MPPC の性能評価及び多チャンネル読み出し」

高橋智栄「ANKOK 実験における液体 Ar 充填環境改善に向けた液面計の開発と性能評価」

5 研究活動の課題と展望

2016 年、LHC 加速器は瞬間輝度がいよいよ 10 の 34 乗を超え、高輝度実験として運転されている。今後の実験環境はさらに厳しくなることが予想される。これに伴う急務な課題として、FTK システムによる飛跡情報の利用である。加速器再開とともに磐石な状況を構築し、高輝度下でのオペレーションに対して十分な対策を講じることが重要である。この課題に対して、早稲田大学は包括的に取り組む予定である。一方、ヒッグス粒子とトップクォークとの随伴生成過程を探索し、ヒッグス機構の本質的な検証であるフェルミオンの湯川結合の測定とその性質解明を引き続き行う。そのためにも FTK システムの構築やその前後でのトリガーパフォーマンスの研究が必須である。また、ヒッグス粒子探索のみならず、重粒子探索や超対称性粒子に代表される新現象探索も現地海外研究者との密な議論を行った上で、早稲田独自の大きな役割を果たしていく。

また、早稲田大学発信の ANKOK 実験に関しても、これまでの成果を総括し、本格的な探索に移行するべく、極低バックグラウンド技術や地下実験に向けた検討を含め、東京大学宇宙線研究所共同利用への参画をはじめ、国内外の研究者と協力しながら推進していく。

LHC 加速器を利用した最先端素粒子物理学と非加速器実験による暗黒物質探索を並行して行うことで、まったく新しい発見、今後の素粒子・宇宙物理学の指針を見出していきたいと考えている。