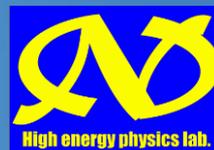


# 高エネルギー物理学データ解析実験施設用 計算機システム（2021年更新）

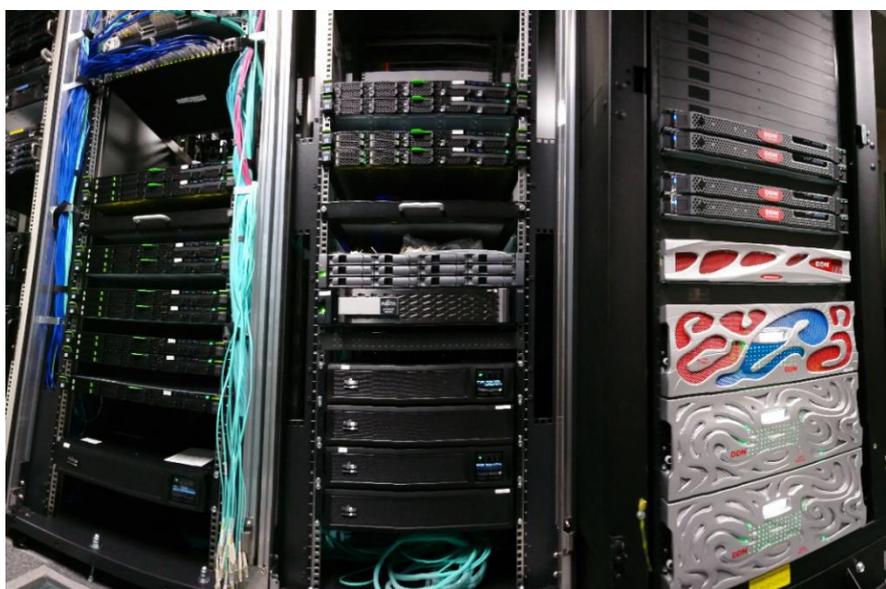


高エネルギー素粒子  
物理学研究室

(2021/3/31)

本施設における素粒子実験研究では、新しい素粒子世界の発見を目指し、世界最高ビーム輝度を誇る高エネルギー加速器研究機構（茨城県つくば市）の KEKB-Belle 実験及びその後継である SuperKEKB-Belle II 実験、欧州 CERN 研究所（スイス、ジュネーブ）の世界最高エネルギーLHC-ATLAS 実験、および J-PARC のミューオン g-2/EDM 実験における、測定器シミュレーションおよび物理データ解析を主体的に推進している。本施設は、KEKB-Belle 実験の B 中間子やタウレプトン物理、LHC-ATLAS 実験のトップクォーク、ヒッグス粒子、余剰次元に関連する粒子等の重い素粒子に着目し、これまで多大な成果を挙げてきた。現在、SuperKEKB-Belle II 実験、及び LHC-ATLAS 実験は精力的に実験データを収集しており、新物理の発見を目指し、より大量のデータを利用した物理解析を推進している。さらに、最先端測定器開発のために測定器シミュレーションや機械学習・ニューラルネットワークを応用したソフトウェアの開発も行っている。

本施設は、上記加速器実験で得られるデータを用いた物理解析、並びに将来計画のための測定器開発に対するシミュレーション及びデータ解析のためのシステムである。加速器実験におけるビーム強度向上と共にデータ量は増大し、さらに物理解析対象となる反応過程が増えることから、大容量のデータを効率よく管理し、迅速に解析を行って物理結果を出すことが要求される。また、機械学習など新しい計算技術を応用した解析が主流となりつつあり、計算能力への要求が高くなっている。それらに対応できる研究体制を構築するために、富士通と共に、今回システムの更新と強化を行った。データ保存領域の容量及び計算能力を増強し、また、ジョブ管理システム、グリッドシステム等は仮想化技術を用いて運用することでハードウェア障害への対応やセキュリティ対策への対応を容易にした。更新システムは、前回と同様、ユーザ管理システム、ホームディレクトリサーバを備え、基盤サーバ上に構築したユーザ用サーバに各自の端末からログインする形式をとり、統一的に管理できるシステムとなっている。現在、データ移行、システム調整を終え、順調に稼働しており、ユーザが精力的にデータ解析を行っている。



	スペック
計算能力	18.6TFLOPS
ストレージ	ホーム：12TB 大容量：3.0PB
サーバ	計算サーバ 9 式 グリッドサーバ 仮想化基盤サーバ
ネットワーク	コアスイッチ x2 ファイアウォール x2 VPN

## 業績リスト (2016~2020)

### 博士論文

川口智美, "Search for the dimuon decay of the Higgs boson in  $139 \text{ fb}^{-1}$  of pp collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS detector" (2020 年度)

佐野祐太, "Search for Pair Production of Higgs Bosons via Vector-Boson Fusion Process in the bbbb Final State Using Proton-Proton Collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS Detector" (2019 年度)

小野木宏太, "Search for Scalar Top-Quark Pair-Production of Compressed SUSY Scenarios in the Final State Involving One Lepton, Jets, and Missing Transverse Energy in pp Collisions at  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  with the ATLAS Detector" (2017 年度)

廣瀬茂輝, "Measurement of the Branching Fraction and Polarization of the  $\tau$  Lepton in the Decay  $B \rightarrow D^* \tau^- \nu_\tau$  at the Belle Experiment" (2016 年度)

### 修士論文

(2020 年度)

大久保亮吾, 「素粒子実験の大規模化・高度化を推進する高時間分解能光検出器の開発」

原舜基, 「Belle II 実験 TOP カウンターにおける機械学習を用いた光子ヒットパターン認識による粒子識別手法の開発」

前原真心, 「高検出効率光検出器 SiPM によるチェレンコフ光検出器 TOP カウンターの改良」

山田敏大, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた TGC 検出器の 40 MHz 陽子衝突バンチ識別回路の評価」

四塚麻衣, 「ミュオン g-2/EDM 精密測定実験における低エミッタンスミュオンビーム実現に向けた加速器低速部ビーム輸送系及び高時間分解能バンチ幅モニタの開発」

綿井稜太, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた大容量光通信機とハイエンド FPGA を搭載したミュオントリガーボードの開発」

(2019 年度)

麻田晴香, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた  $\mu$  粒子トリガーのための飛跡再構成ファームウェアの開発」

稲熊勇人, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験エンドキャップミュオントリガーの実機前段回路の開発」

江角悠, 「LHC-ATLAS 実験における新しいハードウェアを用いた  $\mu$  粒子と  $\tau$  粒子トリガーの開発」

児島一輝, 「Belle II 実験 TOP カウンターの光子検出能力の評価に基づく長期運用手法の確立」

山之内丈, 「Belle II 実験における機械学習を用いた粒子識別アルゴリズムの開発と性能評価」

若松一輝, 「LHC-ATLAS 実験における Hough 変換を用いた  $\mu$  粒子トリガーの開発と性能評価」

脇田萌, 「LHC-ATLAS 実験におけるマルチスレッド対応ミュオントリガーの実装と性能評価」

(2018 年度)

伊藤秀一, 「高輝度 LHC 環境下で安定動作する $\mu$ 粒子トリガーの前段回路開発」

奥藤陸矢, 「Belle II 実験 TOP カウンターの光検出器及び読み出し回路の実機調整と光子検出能力の評価」

須江祐貴, 「ミュオン g-2/EDM 精密測定実験に向けたミュオン RF 加速におけるバンチ構造の測定と蓄積ビームの診断手法の開発」

千賀智史, 「Belle II 実験 TOP カウンターの位置・時間較正」

林田 翔太, 「LHC-ATLAS 実験ミュオントリガーのためのマルチスレッド対応フレームワークの研究開発」

平田光, 「Belle II 実験におけるハドロン分光に向けた測定器の粒子識別性能と質量分解能の評価」

(2017 年度)

大森雷太, 「Belle II 実験 TOP カウンター実機のインストールと磁場中試験での機械的特性の研究」

都築識次, 「Belle II 実験開始に向けた TOP カウンター実機の性能検証」

川口智美, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けたパターンマッチングを用いた TGC 飛跡トリガーの開発」

室山玄太, 「高時間分解能光検出器 MCP-PMT の内部残留ガスによる光電面劣化のメカニズムの研究」

(2016 年度)

宿谷琴子, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けたエンドキャップミュオントリガーのための高速データ転送回路の開発」

水越健太, 「高輝度 LHC-ATLAS 実験に向けた FPGA-TDC を搭載したミュオン粒子検出器用フロントエンド回路の開発」

小林一帆, 「チェレンコフ光検出技術の TOF-PET 装置への応用可能性」

## 主な発表論文（本施設を利用した外部ユーザの論文も含む）

- ATLAS Collaboration, "Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 139 fb<sup>-1</sup> of  $\sqrt{s}=13$  TeV pp collision data with the ATLAS detector", Journal of High Energy Physics 02 143 (2021).
- ATLAS Collaboration, "A search for the dimuon decay of the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector", Physics Letters B812, 135980 (2021).
- ATLAS Collaboration, "Search for the HH->bbbb process via vector-boson fusion production using proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector", Journal of High Energy Physics 07 108 (2020).
- Y Sue, M Yotsuzuka et. al., "Development of a bunch-width monitor for low-intensity muon beam below a few MeV", Physical Review Accelerators and Beams 23 022804 (2020).
- Y. Kato and T. Iijima, "Open charm hadron spectroscopy at B-factories", Progress in Particle and Nuclear Physics, 105, 61, (2019).
- K. Matsuoka, "Expression for the angular dependence of the quantum efficiency of a thin multi-alkali photocathode and its optical properties", PTEP 2018, 123H01, (2018).
- 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).
- K. Matsuoka, S. Hirose, T. Iijima, K. Inami, Y. Kato, K. Kobayashi, Y. Maeda, G. Muroyama, R. Omori, and K. Suzuki, "Improvement of the MCP-PMT Performance Under a High Count Rate", Proceedings of International Conference on Technology and Instrumentation in Particle Physics 2017 (TIPP 2017), Springer Proceedings in Physics, 213, 271-274, (2018).
- ATLAS Collaboration, "Search for top-squark pair production in final states with one lepton, jets, and missing transverse momentum using 36 fb<sup>-1</sup> of  $\sqrt{s} = 13$  TeV pp collision data with the ATLAS detector", JHEP 06, 108, (2018).
- ATLAS Collaboration, "Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 36 fb<sup>-1</sup> of  $\sqrt{s} = 13$  TeV pp collision data with the ATLAS detector", Phys. Rev. D, 97, 112001, (2018).
- 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).
- ATLAS Collaboration, "Search for the standard model Higgs boson produced in association with top quarks and decaying into a bb pair in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", Phys. Rev. D, 97, 072016, (2018).

- S. Hirose, T. Iijima, et al. (Belle Collaboration), "Measurement of the  $t$  lepton polarization and  $R(D^*)$  in the decay  $B \rightarrow D^* \tau^- \nu_\tau$  with one-prong hadronic  $t$  decays at Belle", Phys. Rev. D 97, 012004, (2018).
- Y. Kato, T. Iijima, et al. (Belle Collaboration), "Measurements of the absolute branching fractions of  $B^+ \rightarrow X_{cc} K^+$  and  $B^+ \rightarrow D^{(*)0} \pi^+$  at Belle", Phys. Rev. D 97, 012005, (2018).
- Y. Sano, Y. Horii, M. Ikeno, O. Sasaki, M. Tomoto, and T. Uchida, "Subnanosecond time-to-digital converter implemented in a Kintex-7 FPGA", Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A 874, 50-56, (2017).
- K. Matsuoka, S. Hirose, T. Iijima, K. Inami, Y. Kato, K. Kobayashi, Y. Maeda, R. Omori, K. Suzuki, "Extension of the MCP-PMT lifetime", Nucl. Instrm. and Meth. A 876, 93-95, (2017).
- K. Suzuki, on behalf of the Belle II TOP Group, "Assembly and installation of the Belle II TOP detector", Nucl. Instrm. and Meth. A 876, 252-256, (2017).
- K. Inami, "Cherenkov light imaging in particle and nuclear physics experiments", Nucl. Instrm. and Meth. A 876, 278-281, (2017).
- Y. Maeda, for the Belle II TOP group, "Status of installation and commissioning for the Belle II time-of-propagation counter", JINST 12, C08005, (2017).
- G. Ciezarek, M. F. Sevilla, B. Hamilton, R. Kowalewski, T. Kuhr, V. Lüth and Y. Sato, "A challenge to lepton universality in B-meson decays", Nature 546, 227-233, (2017).
- ATLAS Collaboration, "Performance of the ATLAS trigger system in 2015", The European Physical Journal C 77, 317, (2017).
- S. Hirose, T. Iijima, et al. (Belle Collaboration), "Measurement of the  $t$  lepton polarization and  $R(D^*)$  in the decay  $B \rightarrow D^* \tau^- \nu_\tau$ ", Phys. Rev. Lett. 118, 211801, (2017).
- Y. Sano, Y. Horii, M. Ikeno, T. Kawaguchi, K. Mizukoshi, O. Sasaki, K. Shukutani, M. Tomoto, and T. Uchida, "Performances of typical high energy physics applications in flash-based field-programmable gate array under gamma irradiation", Journal of Instrumentation 12, C04002, (2017).
- S. Jia, C.P. Shen, et al., (Belle Collaboration) "Search for light tetraquark states in  $Y(1S)$  and  $Y(2S)$  decays", Physical Review D96 112002, (2017).
- S. Jia, C.P. Shen, et al., (Belle Collaboration) "First observation of  $\gamma \gamma \rightarrow ppK^+K^-$  and search for exotic baryons in  $pK$  systems", Physical Review D95 012001, (2017).
- ATLAS Collaboration, "Measurements of  $\psi(2S)$  and  $X(3872) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$  production in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8$  TeV with the ATLAS detector", JHEP 01, 117, (2017).

- ATLAS Collaboration, "Measurement of top quark pair differential cross sections in the dilepton channel in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV with ATLAS", Phys. Rev. D94, 092003, (2016).
- ATLAS Collaboration, "Search for gluinos in events with an isolated lepton, jets and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector", The European Physical Journal C 76, 565, (2016).
- Y. Sato, T. Iijima, et al. (Belle Collaboration), "Measurement of the branching ratio of  $B^0 \rightarrow D^{*+} \tau^- \nu_\tau$  relative to  $B^0 \rightarrow D^{*+} l^- \nu_l$  decays with a semileptonic tagging method", Phys. Rev. D 94, 072007, (2016).
- Y. Kato, T. Iijima, et al. (Belle Collaboration), "Studies of charmed strange baryons in the  $\Lambda D$  final state at Belle", Phys. Rev. D 94, 032002, (2016).
- ATLAS Collaboration, "Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS Detector", The European Physical Journal C 76, 392, (2016).
- S.Eidelman, D.Epifanov, M.Fael, L.Mercolli and M.Passera "τ dipole moments via radiative leptonic τ decays", Journal of High Energy Physics 03 140, (2016).
- C.P.Shen, C.Z.Yuan, et al., (Belle Collaboration) "Search for XYZ states in Y(1S) decays", Physical Review D93 112013, (2016).
- Y. Sano, M. Tomoto, Y. Horii, O. Sasaki, T. Uchida, and M. Ikeno, "Development of a sub-nanosecond time-to-digital converter based on a field-programmable gate array", Journal of Instrumentation 11, C03053, (2016).