

## 宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

## Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	成川佳史 / Yoshifumi Narukawa		
所属部局/ Affiliation	理学系研究科 物理学 専攻 Department of Physics , Graduate School of Science		
研究機関・企業名 /Hosting Institution	CERN (欧州合同原子核研究機構) / European Organization for Nuclear Research		
期間/Period	2025 年 01 月 07 日 01/07/2025	~ 2025 年 11 月 18 日 11/18/2025	* 西暦で記入 mm/dd /yyyy

素粒子標準模型は、これまで多くの実験によって高い精度で検証されてきた。しかし、暗黒物質の候補が存在しないことや、ヒッグス粒子の質量に対するファインチューニング問題など、いくつかの問題を抱えている。現代素粒子物理学における喫緊の課題は、これらの問題を説明する「標準模型を超える物理」を解明することである。本研究では、その候補の一つである超対称性理論の実験的検証を目指し、世界最高エネルギーの陽子加速器 LHC を用いた新粒子探索を行う。具体的には、暗黒物質の熱的残存量を自然に説明するとしてその存在が強く動機付けられている、質量 O(100 GeV ~ 数 TeV) の Wino を探索する。先行研究において Wino 探索では消失飛跡を用いた解析が最も強い感度を持つことが示されてきた。本研究ではそれに加え、Pixel 検出器における荷電粒子の電離損失(Pixel dE/dx)の情報を新たに導入することで、さらなる感度向上を目指す。

実地研究では、解析グループのメンバーである、Prof. Laura Jeanty (University of Oregon), Dr. Simone Pagan Griso(LBNL)らと議論を重ね、大きな dE/dx をとる背景事象の理解、pixel cluster 情報を活用した信号-背景事象識別手法の開発、dE/dx の shape を用いた背景事象見積り手法の開発に取り組んだ。これらの解析手法の改善の結果、理論的に動機づけられる Wino の探索領域を先行研究の 670 GeV から 850 GeV 程度まで広げることができる見込である。これらの成果は日本物理学会で発表しており、来年度中の論文投稿を目指している。またミュオン検出器の運転研究にも取り組んだ。TGC 検出器のメンテナンスやミュオン検出器の運転シフトを 1 年を通して行い、質の高いデータ収集に貢献した(写真 1,2)。

The Standard Model of particle physics has been validated to high precision by numerous experiments. However, it still suffers from several unresolved issues, such as the absence of a dark matter candidate and the fine-tuning problem related to the Higgs boson mass. One of the most pressing challenges in modern particle physics is to uncover physics beyond the Standard Model that can address these problems. In this research, I aim to experimentally test supersymmetry, one of the leading candidates for physics beyond the Standard Model, through a search for new particles using the Large Hadron Collider (LHC), the world's highest-energy proton accelerator. In particular, I focus on the search for the Wino, a particle with a mass of the order 100 GeV to several TeV, whose existence is strongly motivated by its ability to naturally explain the thermal relic abundance of dark matter. Previous studies have shown that analyses based on disappearing tracks provide the strongest sensitivity to Wino searches. In this work, I further aim to improve the sensitivity by incorporating new information on the energy loss of particles in the Pixel detector (Pixel dE/dx).

In the course of the research, I work closely with members of the analysis group, including Prof. Laura Jeanty (University of Oregon) and Dr. Simone Pagan Griso (LBNL). I worked on understanding background events that exhibit large dE/dx, developing signal-background discrimination methods using pixel cluster information, and constructing background estimation techniques based on the shape of the dE/dx distribution. As a result of these methodological improvements, I expect to extend the sensitivity for theoretically motivated Wino mass reach from 670 GeV in previous studies to approximately 850 GeV. These results have been presented at the

Physical Society of Japan, and I aim to submit a journal publication within the next year. In addition, I have been involved in operational studies of the muon detector. I contributed to the maintenance of the TGC detector and regularly participated in muon detector operation shifts throughout the year, thereby supporting the collection of high-quality data (Photos 1 and 2).

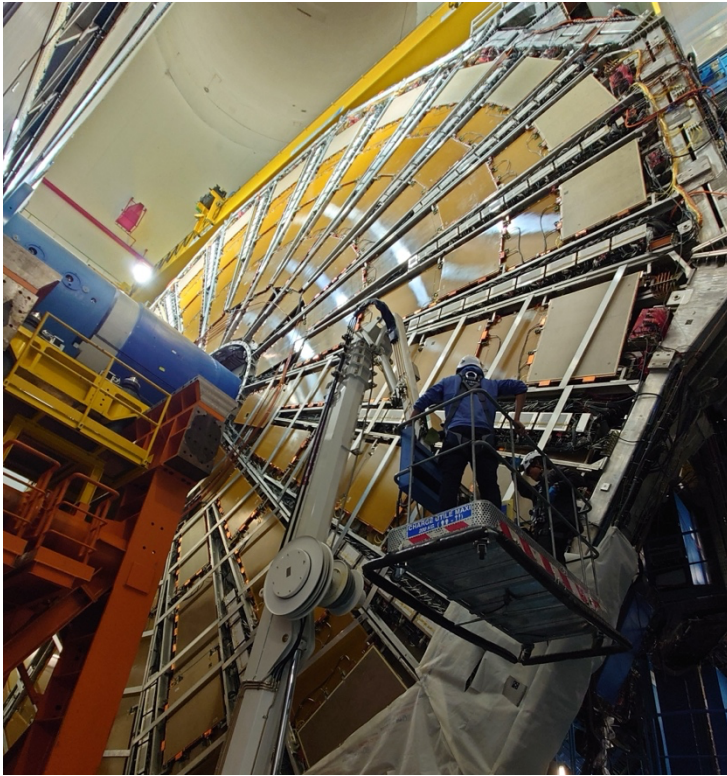


写真 1. TGC 検出器メンテナンスの様子。ATLAS 日本グループは ATLAS 検出器最外層に設置された全長 26m におよぶミュオン検出器: Thing Gap Chamber(TGC)の開発および運転を主導している。ガス検出器、制御のためのハードウェア、ケーブルの配線などに問題が生じた場合や定期的なメンテナンスの際には地下 100 m に設置された検出器まで直接赴き、部品の交換や配線の組み直しを行う。

Photo 1. TGC detector maintenance activities. The ATLAS Japan Group has led the development and operation of the 26-m-long muon detector, the Thin Gap Chamber (TGC), installed in the outermost layer of the ATLAS detector. When problems arise with the gas detectors, control hardware, or cable routing, or during routine maintenance, members directly access the detector located 100 m underground to replace components and reconfigure cabling.



写真 2. ATLAS 検出器の運転を制御するコントロールルームの様子。LHC の運転期間中は各検出器の運転状況をモニターするシフトが組まれ、1シフト8時間、3交代制で24時間検出器の監視・制御を行う。

Photo 2. ATLAS control room. During LHC operation periods, shifts are scheduled to monitor the status of each detector subsystem. The detector is supervised and controlled around the clock with an 8-hour, three-shift rotation.