

2023 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	服部香里
研究機関名	高エネルギー加速器研究機構
所属部署名	量子場計測国際システム拠点
役職名	特任准教授
研究課題名	超伝導検出器アレイが拓く暗黒物質探索
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

本研究は、sub-eV の信号を精密測定できる超伝導検出器 TES を用いることで、0.01 MeV から 100 MeV の質量を持つ軽い暗黒物質探索に挑戦する。本研究は超伝導検出器アレイを開発し、神岡地下実験施設での測定を行うことを目指す。アレイ検出器として、アルミニウムターゲットと結合した TES を多数並べ、それぞれの TES からの信号を個別に読み出すことで信号雑音比の向上を目指す。

2023 年度(本研究一年目)は、DarkELF(<https://github.com/tongylin/DarkELF>)で、アルミニウムターゲットを仮定し、現実的なターゲット質量でシミュレーションを行った。結果、MeV 領域の軽い暗黒物質探索では、ターゲット物質の質量が小さくても、探索する信号のしきい値を 100 meV 程度まで下げることによって、これまで未探索だった質量域を幅広く探索できることがわかった。そこで、本研究では検出器のエネルギーしきい値低減を優先する方向で進めることを決定した。

2023 年度は、低しきい値を実現可能な検出器の検討および設計を行った。結果、X 線光子検出用 TES 検出器と同様のプロセスで作成可能なことがわかった。このプロセスはすでに確立されており、X 線検出器で用いられている金のターゲットをアルミニウムに変更することで、暗黒物質探索用の TES アレイを作成する。

アレイ読み出しとして、マイクロ波 SQUID(MW-MUX)読み出しの開発も行った。MW-MUX と TES 検出器を組み合わせ、世界で初めて複数の TES 検出器からの単一光子信号を読み出しに成功した。この研究において、ノイズが高い原因として想定されるものとして(1)アレイ読み出し自身のノイズ(2)検出器アレイ読み出しでは、検出器の動作点は単一にしか設定できないが、検出器の性能が非一様であるため、それぞれの検出器が最適な動作点で動作できていないことの二種類があることがわかった。今後はこれらの課題を解決するために MW-MUX と TES 双方のパラメータをチューニングし、100 meV のしきい値を目指す。