

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01093

研究課題名（和文）CMB異方性の観測技術を応用した超軽量ダークマターの探索研究-方向感度を有す実験

研究課題名（英文）Search for dark photon cold dark matter using technologies for CMB anisotropy

研究代表者

隅田 土詞（Sumida, Toshi）

京都大学・理学研究科・助教

研究者番号：80624543

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,400,000円

研究成果の概要（和文）：ダークフォトン(DP)が金属中で実光子に転換して生じる電波信号の大きさの方向依存性を見ることで、DPの偏極とその方向依存性に対する感度を有する探索を行うことを最終目的としつつ、初期段階の測定として、スペクトラムアナライザーを用いて幅広い質量領域にわたっての探索を行った。10-18 GHz帯において、DPと通常光子の結合定数に対して世界最高となる上限を設定し、この結果を出版した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のために、CMBの温度異方性を測定するための技術を応用した測定手法を行いた。また測定の高速度のために5Gなどで用いられている高速通信技術を応用する手法の開発を行った。これらのことにより、他の研究分野と知見を共有し、研究の進展に対する相乗効果を得ることができた。また通信技術を通して社会へのフィードバックも機体できる。

研究成果の概要（英文）：We aim to detect the polarization of dark photons (DP) and their directional dependence by observing the directional dependence of radio signals produced when DPs convert into real photons in metal. In the initial phase of the study, we used a spectrum analyzer to search across a broad mass range. We established the world's strictest upper limits on the coupling constant between DPs and ordinary photons in the 10-18 GHz range, and we have published these results.

研究分野：Quantum Computing

キーワード：ダークマター ダークフォトン マイクロ波

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宇宙観測の進展により、未知の物質「ダークマター」が銀河ハロー内を満たしていることがはっきりとわかっていたが、LHC などの衝突実験ではダークマターの候補となる超対称性粒子などの兆候がまったく得られていない状況であった。

2. 研究の目的

1 の状況を踏まえて、超対称性粒子などの重い粒子ではなく、ダークフォトンと呼ばれる非常に軽い粒子がダークマターを説明する、というシナリオに対して、宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background, CMB) の温度異方性を測定するための技術に応用した探索を行うことを目的とした。

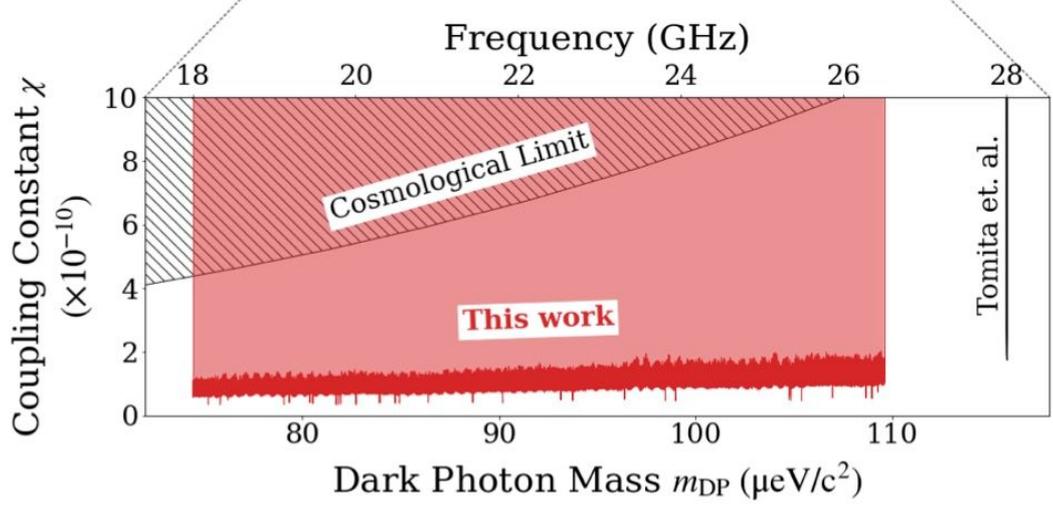
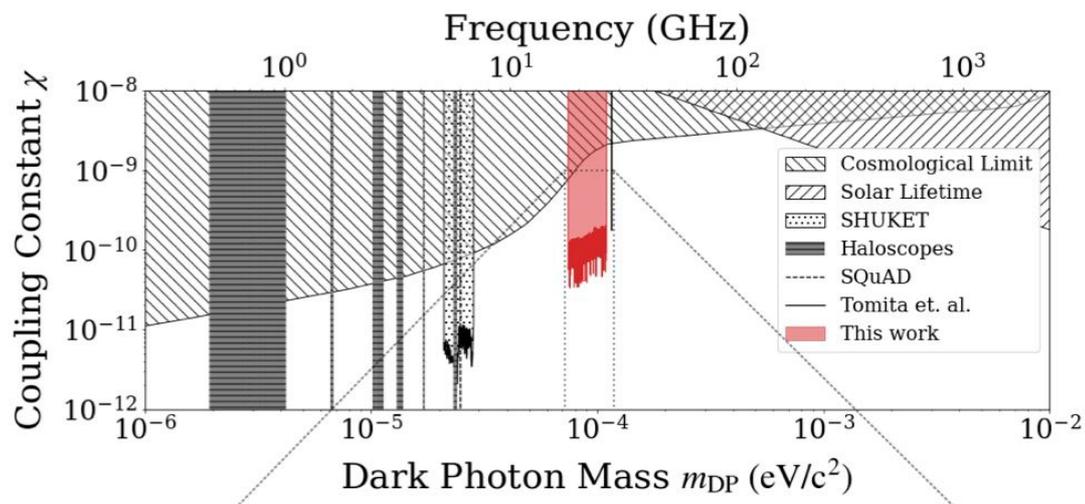
3. 研究の方法

ダークフォトンが金属中で実光子に転換して生じる電波信号を測定し、幅広い質量領域にわたる探索を行った。また、大きさの方向依存性を見ることで、その偏極と方向依存性に対する感度を有する探索を行うための基礎研究を行った。

4. 研究成果

10-18 GHz 帯において、周囲からの雑音を防ぐ手法を開発し、測定実験を行った。ダークフォトンと通常光子の結合定数に対して世界最高となる上限を設定し、この結果を出版した。下の図は、今回得られたダークフォトンと通常光子の結合に対する制限を質量の関数として表したものである。未開拓の領域に対して世界初の制限をつけることに成功した。

また測定の高速化のために 5G などで用いられている高速通信技術に応用する手法の開発を行った。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Adachi S., Fujinaka R., Muto Y., Nakata H., Sueno Y., Sumida T., Suzuki J., Tajima O., Takeuchi H., Honda S., DOSUE-RR Collaboration	4. 巻 109
2. 論文標題 Search for dark photon dark matter in the mass range 41- 74 ueV using millimeter-wave receiver and radioshielding box	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.109.012008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小高駿平
2. 発表標題 ミリ波領域におけるダークフォトン探索実験 DOSUE-RR -熱放射ノイズの評価-
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅田土詞
2. 発表標題 DOSUE-RR - Experiment to explore ultra-light CDM in the millimeter-wave range
3. 学会等名 Kashiwa Dark Matter Symposium 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安達俊介
2. 発表標題 超軽量ダークマター探索実験 DOSUE-RR / K-band における初観測
3. 学会等名 ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安達俊介
2. 発表標題 ダークフォトン CDM 探索実験 DOSUE-RR / K-band 75-110 $\mu\text{eV}/c^2$ における初期観測
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤中峻
2. 発表標題 ダークフォトンCDM実験 DOSUE-RR/J-band 偏極方向感度を有する装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安達俊介
2. 発表標題 広帯域なダークフォトン探索実験、DOSUE-RR の現状と予定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	安達 俊介 (Adachi Shunsuke) (80835273)	京都大学・白眉センター・特定助教 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 惇也 (Suzuki Junya) (90795014)	京都大学・理学研究科・助教 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関