



研究課題名 世界最高感度の中性 K 中間子実験で拓く素粒子新物理

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

なんじょう はじめ

南條 創

研究課題番号： 21H04995

研究者番号： 40419445

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 142,700千円

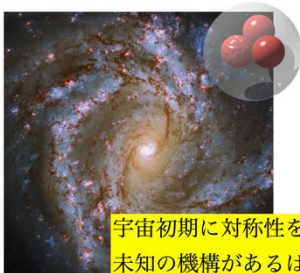
キーワード： 物質優勢宇宙の謎、CP非保存、中性K中間子の稀崩壊

【研究の背景・目的】

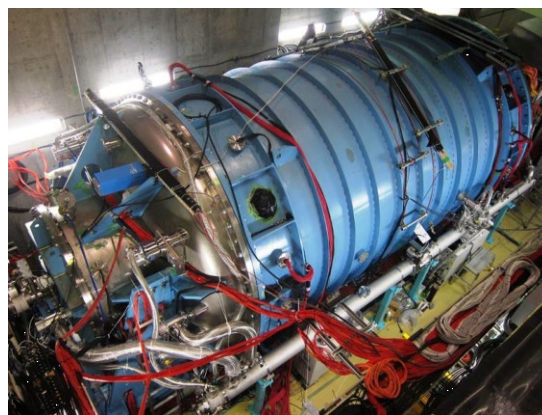
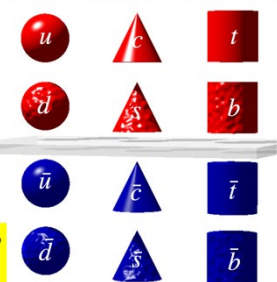
素粒子は粒子と反粒子が対になって存在するが、この宇宙は物質ばかりで反物質がほとんどない。初期の高温の宇宙では、粒子と反粒子が対生成することから、両者は同数存在したと期待される。これに反して、物質優勢宇宙を創り出すには、素粒子の既知の理論、標準理論を超える機構が必要である。シナリオの一つは、宇宙初期に未知の物理が発現し、わずかな粒子反粒子数の非対称を作り出し、宇宙が冷えるに従いほとんどの粒子と反粒子が対消滅し、わずかに粒子が残り、物質ばかりの宇宙を構成したというものである。素粒子標準理論にも、粒子反粒子の非対称があるが、我々の物質優勢宇宙を創るには効果が足りない。

この新物理は、未知の重い粒子が担うと考えられている。我々は加速器で直接作り出すエネルギーを超えて、量子力学によるエネルギーと時間の不確定性関係を利用し、高いエネルギーを得ようとしている。量子力学によると、短時間では高いエネルギーが現れてもよく、稀な崩壊現象から重たい粒子の影響を探ることができる。我々はこれまで未発見の中性 K 中間子が中性 π 中間子とニュートリノ対に崩壊する稀な崩壊、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ を探索し、物質優勢宇宙の謎に迫る。

我々の宇宙には物質ばかり



素粒子の構成は粒子と反粒子が対



ク内部に配置され、 π^0 中間子の崩壊による 2 個の γ 線のみを検出することで探索を行う。現在の KOTO 実験での最大の背景事象は、中性 K 中間子の代わりに、荷電 K 中間子が上流から検出器に入ることで起こる。検出器上流部のビーム中に非常に薄い荷電粒子検出器を設置し、荷電 K 中間子を検出することで、この背景事象を削減する。今回、200 μ m 厚プラスチックシンチレータからなる非常に薄い検出器を新たに開発し、設置する。この他にも検出器を改良し、データ取得システムを刷新し、これまでに比べ 10 倍高い探索感度で実験を行う。

【期待される成果と意義】

最近の理論的な進展によると、現在の実験感度付近でも、新物理が存在する可能性がある。本研究により、この有無を明確に示す。その上で、世界最高感度の実験を推し進める。予想を上回る信号事象を観測すれば、新物理を発見出来るし、そうでない場合も、新物理のモデルを排除することで、今後の探索の指針を得る。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ “Study of the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Decay at the J-PARC KOTO experiment” J. K. Ahn et al Phys.Rev.Lett 126 no.12, 121801 (2021)
- ・ “Breaking the Grossman-Nir bound in kaon decay” X. G. He, X. D. Ma, J. Tandean and G. Valencia, JHEP 04, 057 (2020)

【ホームページ等】

<https://koto.kek.jp>

【研究の方法】

世界最大のビーム強度を誇る大強度陽子加速器施設 J-PARC で、我々は KOTO 実験を推進している。大強度陽子ビームから大量の中性 K 中間子を作り、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ を探索し、我々が世界最高感度を達成している。2016-2018 年に取得したデータでは、3 事象を観測した。背景事象数の予測が 1.2 事象であった。背景事象の統計的な揺らぎの範囲であるが、新物理の寄与の可能性もあり、背景事象を削減し、更なる高感度で実験を行う。

KOTO 実験の検出器のほとんどは、写真の真空タンク