

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 中性 K 中間子の稀崩壊で探る標準理論を超える新しい物理

大阪大学・大学院理学研究科・教授 やまなか たく
山中 卓

研究分野：数物系科学・物理学

キーワード：素粒子 (実験)、中性 K 中間子、CP 対称性の破れ

【研究の背景・目的】

宇宙が始まったとき、宇宙には粒子と反粒子が同じ数だけあったが、反粒子は現在ほとんど残っていない。これは、粒子と反粒子がわずかに異なる挙動をするからである。これを CP 対称性の破れと言う。実験室では CP 対称性の破れは K 中間子や B 中間子で発見され、小林・益川によって理論的に説明された。しかし、現在の素粒子の標準理論ではまだ CP 対称性の効果が小さく、宇宙から反粒子が消えたことを説明できない。したがって、宇宙の粒子・反粒子のアンバランスは、標準

Big Bang直後

同数の
粒子と反粒子

宇宙の初期に

粒子と反粒子の対称性の破れ



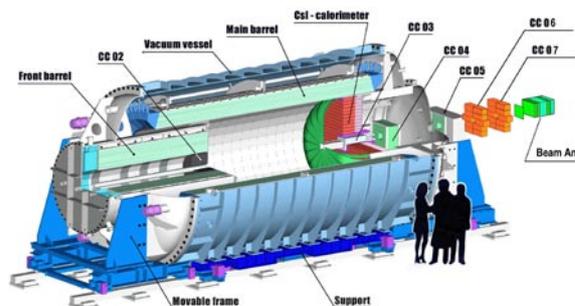
理論を超える新しい物理による CP 対称性の破れが生んだはずである。

よって、CP 対称性を破る、標準理論を超えた新しい物理を探るのが本研究の目的である。

【研究の方法】

CP 対称性を破る新しい物理の現象を探るために、中性の K 中間子が中性の π^0 中間子とニュートリノ対に壊れる崩壊を用いる。標準理論によればこの崩壊の分岐比は 3×10^{-11} と低く、その理論的不確定性も 2~3% と小さい。しかし、超対称粒子や第 4 世代のクォークなど、新しい物理による粒子がこの崩壊に寄与すると、崩壊分岐比が大幅に大きくなる可能性がある。したがって、この稀な中性 K 中間子の崩壊を、標準理論で予測しているレベルまで探索し、その分岐比を測定する。

稀な崩壊を観測するために、茨城県東海村にある J-PARC 大強度陽子加速器で加速された陽子を標的に当て、大量の K 中間子のビームを作る。目的とする崩壊の特徴は、中性の π^0 中間子が壊れてできる 2 つのガンマ線だけが観測されることである。その他の崩壊は、荷電粒子か 4 個以上のガン



マ線を含む。従って、上図のように K 中間子が崩壊する領域の下流に電磁カロリメータを設置し、2 個のガンマ線のエネルギーと当たった位置を測る。また崩壊領域全域を荷電粒子とガンマ線検出器を覆い、余分な粒子を出す他の崩壊を排除する。

【期待される成果と意義】

標準理論が予測する分岐比よりも有為に大きな分岐比が測定された場合は、新しい物理の存在を示し、その効果の大きさを決めることができる。また崩壊が発見されなかった場合も、新しい理論のモデルやパラメータに対して制限を与えることができる。さらに、現在建設中のヨーロッパの CERN 研究所の荷電 K⁺中間子の実験や、つくばの KEK の B 中間子実験の結果と合わせれば、さらに強い制限を与えることができる。また、CERN の陽子・陽子衝突型 LHC 加速器によって超対称粒子が発見された場合も、超対称粒子のフレーバーの構造について知見を与えることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. “Experimental Study of the Decay $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ ”, J.K. Ahn *et al.*, Phys. Rev. D **81**, 072004 (2010).
2. “Testing the CKM Model with Kaon Experiments”, E. Blucher, B. Winstein and T. Yamanaka, Prog. Theo. Phys. **122**, 81 (2009).

【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度
171,500 千円

【ホームページ等】

<http://koto.kek.jp/>