



## ミュー型ニュートリノから 電子型ニュートリノへの振動現象の発見

大阪市立大学理学研究科 清矢良浩教授と山本和弘准教授が参加している T2K 実験国際共同研究グループが、平成 25 年 7 月 19 日ストックホルムで開催中の欧州物理学会において、ミュー型ニュートリノが飛行中に電子型ニュートリノへ変化する「電子型ニュートリノ出現現象」が存在することを示す決定的な測定結果が得られたことを発表しました。

### 【概要】

素粒子である「ニュートリノ」には電子型、ミュー型、タウ型の 3 種類あることが知られており、さらにそれらが長距離を飛行する間に量子力学的効果によって時間とともにある型から別の型へ変化する現象が見られ、「ニュートリノ振動」と呼ばれます。1998 年にこの現象が発見されてから研究が進んできましたが、唯一ミュー型から電子型への振動が未発見のままでした。

それを今回、大阪市立大学が中心研究機関の一つとして参加している T2K 実験国際共同研究グループが発見しました。

T2K とは「Tokai-to-Kamioka」を意味しており、茨城県東海村の J-PARC 大強度陽子加速器施設から岐阜県飛騨市神岡町のスーパーカミオカンデ大型ニュートリノ検出器にニュートリノを打ち込み、その間のニュートリノ振動現象を探る実験です。今回の結果は、単に最後のニュートリノ振動パターンを発見したというだけではなく、粒子と反粒子とで物理法則が異なる「CP 対称性の破れ」の研究を大きく進展させる可能性があります。我々の宇宙が、なぜ「物質」のみで満たされ「反物質」はほとんど無いのかという謎に対して、初期宇宙において CP 対称性の破れが起こったことが原因の 1 つとして考えられています。そのメカニズムを解き明かすためにも、今回の発見は重要な意味を持つと考えられます。

### 【本件に関する問合せ先】

大阪市立大学大学院理学研究科

准教授 山本和弘

TEL : 06-6605-2647

MAIL : kazuhiko@sci.osaka-cu.ac.jp

# ミュー型ニュートリノから 電子型ニュートリノへの振動現象の発見

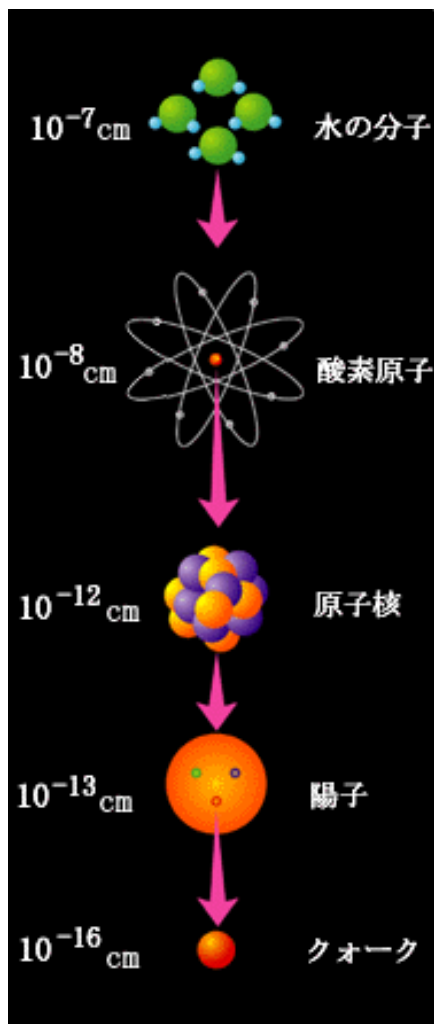
理学研究科・数物系専攻 山本 和弘





2013年10月2日(水)

学長記者懇談会

# 素粒子とニュートリノ

## ■ 物質の最小単位：素粒子

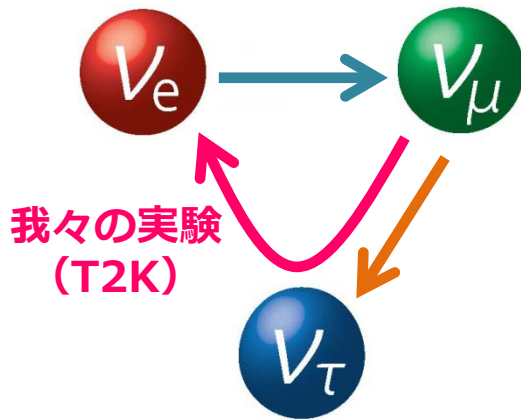


クォーク	$\frac{2}{3}e$	アップ 	チャーム 	トップ 
	$-\frac{1}{3}e$	ダウン 	ストレンジ 	ボトム 
	電荷	第1世代	第2世代	第3世代
レプトン	0	電子ニュートリノ 	ミューニュートリノ 	タウニュートリノ 
	$-e$	電子 	ミューオン 	タウ 

- 物質はクォークとレプトンから出来ている。
- レプトンは、電荷をもった「電子類」と、電荷を持たない「ニュートリノ」からなる。
- クォークとレプトンは、性質が同じで重さが違うものが3世代ある
- ニュートリノは電荷を持たず、非常に軽く、他の粒子と非常に反応しにくい性質を持つ。

# ニュートリノ振動

- ニュートリノは高速で飛行する間に他の種類に変化(振動)する。



- 中川、牧、坂田、ポンテコルボらによる理論的予測

- その後の実験研究で

地球上空大気で生成されるミュオン型ニュートリノ ( $\nu_\mu$ ) の精密測定から： $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  (1998)

太陽および原子炉で生成される電子型ニュートリノ ( $\nu_e$ ) の精密測定から： $\nu_e \rightarrow \nu_\mu$  (~2005)

我々の実験では、ニュートリノ振動現象の全容を解明するために、加速器で生成されたミュオン型ニュートリノを用いて電子型ニュートリノ出現現象の発見を目指す。  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$

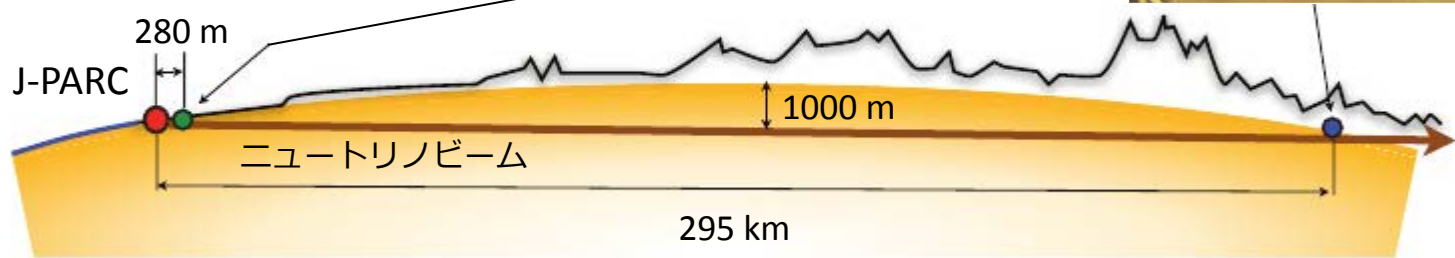
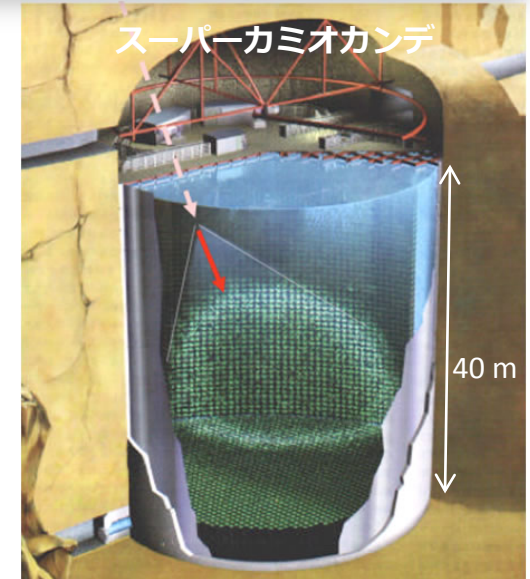
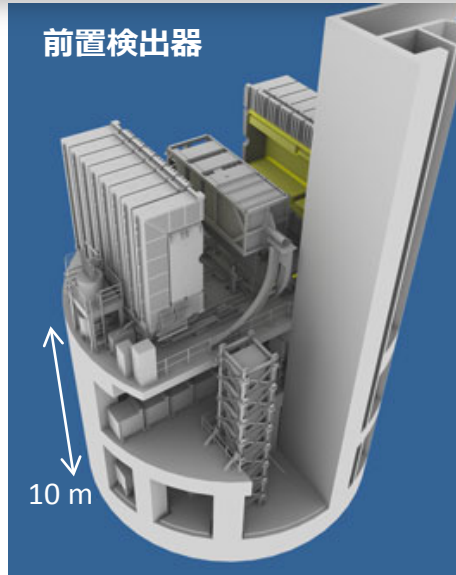
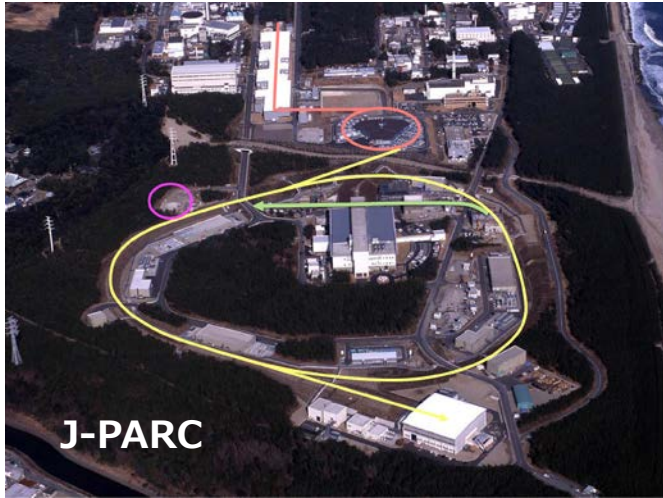
この振動モードは、物質反物質対称性(CP対称性)の破れの測定と密接に関係しており、現在の宇宙がなぜ「物質」のみで満たされ、有意な量の「反物質」が無いのかという謎を解く鍵になる可能性を持っている。

# T2K国際共同実験

- J-PARC(茨城県東海村)からスーパーカミオカンデ(岐阜県飛騨市神岡町)へ向けて、加速器によって生成された人工ニュートリノを打ち込み、その間で起こる振動の様子を測定する。  
(T2K : Tokai-to-Kamioka)



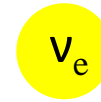
# ニュートリノの生成と検出



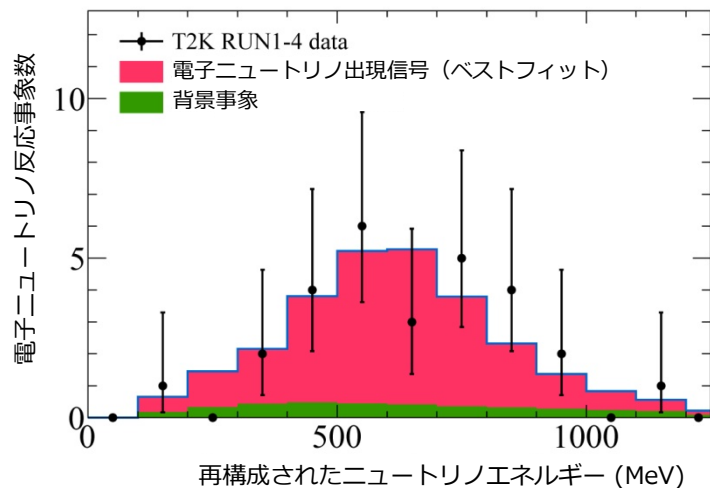
**J-PARC 前置検出器**  
振動する前の  
ニュートリノを観測



**スーパーカミオカンデ**  
振動した後の  
ニュートリノを観測



# 今回得られた結果



■ 2010年1月～2013年4月に得られた全データを解析

□ 予想される背景事象数：4.6

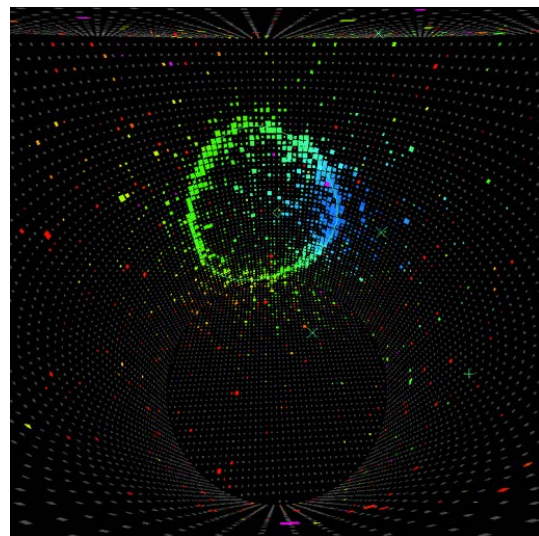
□ 観測された電子ニュートリノ反応事象数：28

観測された電子ニュートリノ反応事象数が背景事象の統計的揺らぎのみで起こる確率：1兆分の1以下

新たなパターンのニュートリノ振動（電子ニュートリノ出現現象）がなければ説明できない。



- ニュートリノ振動現象のほぼ全容を解明。
- 宇宙にはなぜ「物質」ばかりで「反物質」がほとんど無いのか、という謎を解く鍵になる可能性がある。
- 今後は約10倍のデータ収集を計画しており、世界に先駆けて謎の解明に迫る。



スーパーカミオカンデでの電子ニュートリノ反応事象