

# A01 班

## 加速器ニュートリノビームによる ニュートリノフロンティアの展開

### A01 班の研究

ニュートリノ振動の精密な測定を行うため、大強度ニュートリノビームをJ-PARCからスーパーカミオカンデまで飛ばすT2K実験を進める。2013年7月には、ミューニュートリノから電子ニュートリノへ変化する第3の振動モードの存在を確実にした。今後は、ビーム強度と測定精度をさらに向上させ、第3の振動モードの精密測定と反ニュートリノ振動の測定に取り組む。

研究代表者

中家 剛 京都大学

研究分担者

市川温子 京都大学

小林 隆 高エネルギー加速器研究機構

小関 忠 高エネルギー加速器研究機構

連携研究者

中平 武 高エネルギー加速器研究機構

南野彰宏 京都大学

### この研究の魅力と今後

ニュートリノはその観測が難しく、実験精度を上げるのが非常に難しい研究対象です。それゆえ、挑戦のしがいがあります。素粒子は小さな対象でありながら、その観測のためには巨大な実験装置が必要であったり、大きなスケールの観測(例えばT2K実験はニュートリノを295km飛ばして、その変化を観測する)が必要であったりと、小さい対象と大きなスケールという組み合わせも興味深いですね。

この5~10年は、ニュートリノ振動現象をより研究することで、3種類のニュートリノの質量順序が分かり、ニュートリノと反ニュートリノの間の対称性、CP対称性の研究が大きく進むことでしょう。また、ニュートリノと反ニュートリノが同じ粒子かどうか調べる研究も重要です。

このような研究を通して、ニュートリノ研究から「力の統一理論(大統一理論)へのヒントがつかめるかもしれません。発見を確約することはできませんが、ニュートリノの周りには「大発見の可能性が」たくさんあります。

中家 剛

## スーパーカミオカンデ

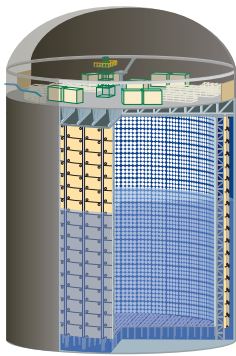


図2:T2K実験が探索するCP対称性の破れ

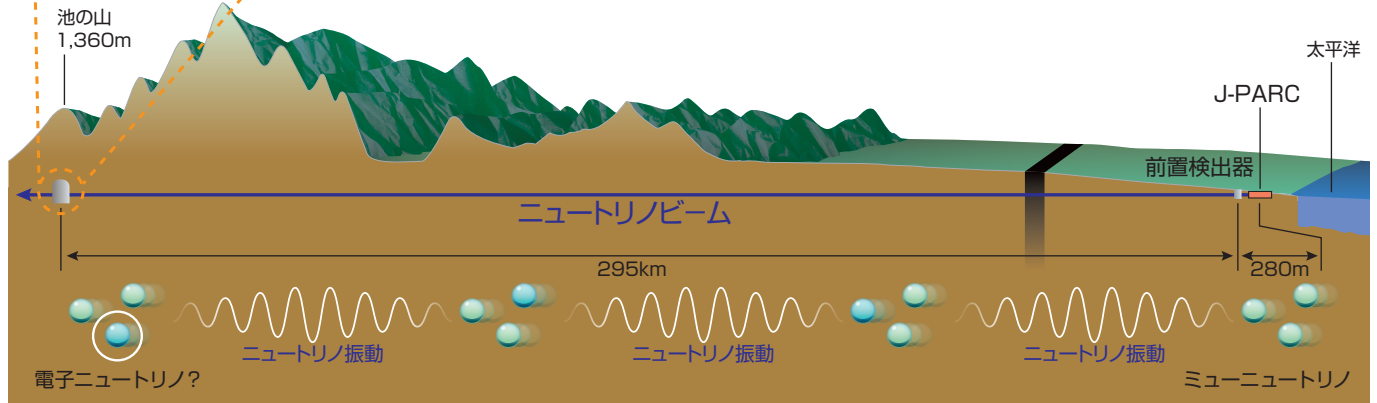


図1:T2K実験の全体像

## T2K(Tokai to Kamioka)実験

ニュートリノは飛んでいくうちに世代が変わる「ニュートリノ振動」を繰り返します。ニュートリノ振動には3種類のモードがあり、第1のモード(ミュオンニュートリノからタウニュートリノに変化)は1998年に、第2のモード(電子ニュートリノからミュオンニュートリノ+タウニュートリノに変化)は2001年に発見されています。

残る第3のモード(ミュオンニュートリノから電子ニュートリノに変化)の発見をめざして2009年から実験を始めたのが「T2K実験」です。A01班は、このT2K実験を国際共同で進めています。T2K実験では、茨城県東海村にある大強度加速器J-PARCでつくった陽子を取りだし、ターゲットに衝突させてミュオンニュートリノを生成。岐阜県の神岡鉱山に設置された検出器スーパーカミオカンデに向けて発射します。ニュートリノビームは約1ミリ秒後、295km離れたスーパーカミオカンデに到達し、検出器の水と反応したミュオンニュートリノが検出されます(図1)。J-PARCで生成されるニュートリノは1秒間に100兆個以上にもなりますが、スーパーカミオカンデで検出されるニュートリノ反応は1日にわずか2~3個ほどです。

## 2013年夏、 第3のニュートリノ振動モードの存在が確実に

T2K実験では、2011年にミュオンニュートリノが電子ニュートリノになったのではないかとみられる反応を6事象発見しました。これは99.7% 確実といえる値です。その後、事象数を増やしていき、2013年4月には28事象に達しました。これはニュートリノ振動が偶然におこる確率が1兆分の1以下であることを意味しています。この結果が7月に発表され、第3の振動モードの存在が確実にになりました。

## 反ニュートリノ反応の検出をめざして

ニュートリノの反粒子である反ニュートリノにも、第3の振動モードが存在するのだろうか?これを調べるのがT2K実験の次の目標です。今の宇宙には反物質(反粒子)が存在しません。それは粒子と反粒子に性質の違い(CP対称性の破れ)があるためだと考えられています。CP対称性の破れはクォークについては明らかにされていますが、レプトンでも検証する必要があります。そのためには、ニュートリノの振動と反ニュートリノの振動の違いがあるのかどうか、T2K実験で明らかにしようとしているのです(図2)。2014年夏には、反ニュートリノの生成を確認する実験がスタートし、2015年以降には本実験に入ります。

反ニュートリノの反応率はニュートリノよりもさらに低く、事象数は4分の1になると予想されています。そこで、反ニュートリノ反応のデータを蓄積していくには、技術的な課題があります。J-PARCでつくるニュートリノビームの強度をさらに上げることと、測定精度、つまり解像度を上げることです。

## ニュートリノの質量と性質を探る

ニュートリノ振動はニュートリノに質量がある証拠となる現象です。ニュートリノの質量は他の素粒子と比べると桁違いに小さなもので、質量はまだ測定できていません。ニュートリノ振動でわかるのは質量の組み合わせ、世代間の質量の差だけなのです。質量を測る方法として有望視されているのは、宇宙の23%を占めるダークマターの量から、その中に約1%は含まれていると予想されるニュートリノの影響度をみる方法です。

また、ニュートリノ振動がクォークの世代が移る「フレーバー混合」と大きく異なるのは、世代間の混合が大きいです。この混合の割合「混合角」を正確に求めて、ニュートリノの性質を解き明かそうとしています。