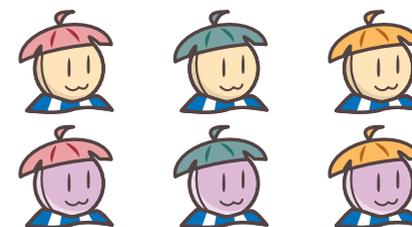


# ニュートリン!

新学術領域研究 ニュートリンフロンティアの融合と進化



## ニュートリノってなに？



ニュートリノは

「ニュートラル=電気を帯びていない」「イノ=(イタリア語で)小さい」  
という意味の名前を持った素粒子のひとつです

**ニュートラル**で**イノ**な**素粒子** ➡ **ニュートリノ!**



## じゃあ素粒子ってなに？

素粒子とは物質を構成する最小の要素です！……これだけではよくわかりませんね。

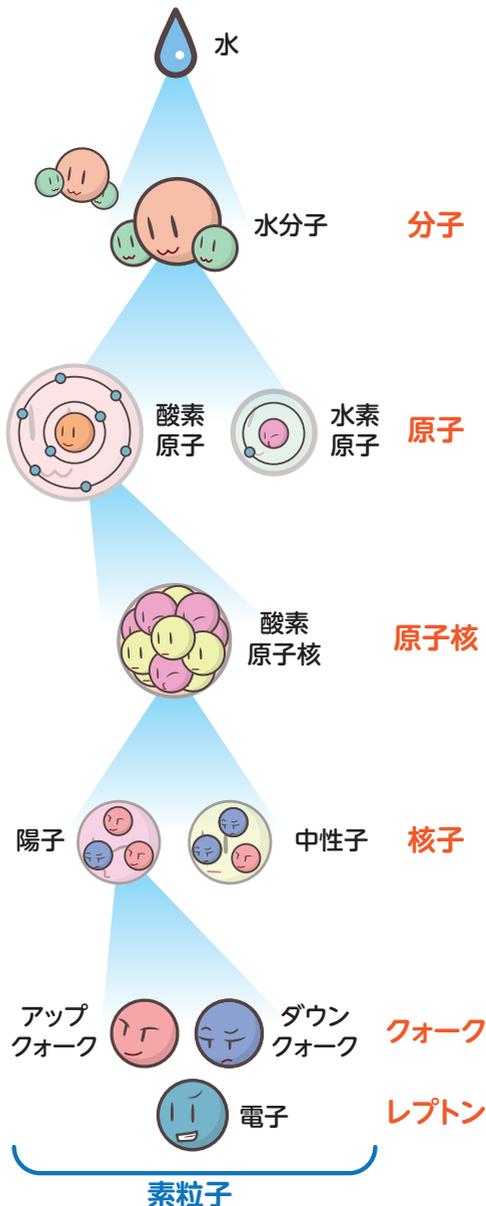
例えば、水は水分子という分子が集まってできていて、それをよく見ると水素原子2個と酸素原子1個がくっついたものになっています。

その原子はどうなっているのかというと、中心にある原子核とそのまわりを回っている電子でできています。

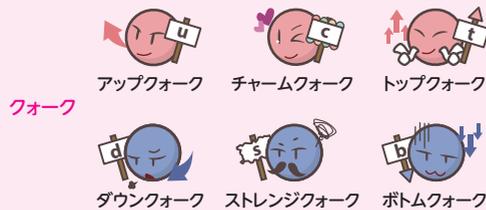
さらに原子核の中を見ていくと、陽子と中性子があります(水素原子核は陽子1つだけです)。この2種類の粒子を核子といいます。

では、核子の中はどうなっているのでしょうか。核子はクォークと呼ばれる粒子が3つ集まってできています。

このクォークや電子が物を構成する最小の要素、つまり素粒子です。現在のところ、これ以上小さく分けることはできないと考えられています。



## フェルミオン (物質粒子)



素粒子には、6種類のクォークと電子が属する6種類のレプトン、これらの間で力を運ぶゲージ粒子、質量(重さ)を与えるヒッグス粒子があります。さらにそれぞれの素粒子に対して、電気の符号が反対の性質を持つ反粒子と呼ばれるパートナーが存在します。クォークは原子核を作ることからわかるように、非常に強く結びつく素粒子です。逆にレプトンは結びつきが弱く、単体で存在します。私たちのまわりにある水や花、宇宙、そして私たち自身も、これらの素粒子からできているのです。ニュートリノはこのレプトンの中の粒子です。



## ニュートリノの発見！

1930年、パウリという学者が中性子のことを調べていて、とある問題にぶつかりました。パウリは電気を帯びていないとても小さくてとても軽い粒子があれば、その問題が解決できると考えました。しかし、どんな物の中もすいすいと通り抜けてしまうようなこの小さくて軽いお化けのような粒子を見つけることはできないだろうと思っていました。3年後、このお化け粒子について研究をしていたフェルミという学者は、これをニュートリノと名づけました。

1956年、原子炉を使った実験でライネスとカワンという学者が、初めてニュートリノを見つけることに成功しました。ライネスはこの功績により、ノーベル物理学賞を受賞しています。



## どんな性質なの？

### たくさんある！

私たちの周りにはたくさんのニュートリノが飛び交っています。太陽が熱を生み出す過程や星の一生の最後に起きる超新星爆発、原子力発電所などでたくさん生み出されています。1秒間に約100兆個ものニュートリノが私たちの体を通り抜けているのですが、私たちがそれを感じることはありませんし、害もありません。



### 姿のみえないお化け粒子

ニュートリノはプラスの電気もマイナスの電気も帯びていない中性です。それは他のものとくっついたり反発したりしない、影響しないということです。また非常に小さいので原子の中も通り抜けることができます。ニュートリノは私たちの体の中も地球の中もすいすいと通り抜けてしまう、もちろん実験装置の中もさっと通り抜けてしまう、研究者泣かせのお化け粒子なのです。



### 質量があった！

長い間ニュートリノには質量がないと考えられていました。しかし、この常識を打ち破ったのが梶田博士が行っていたスーパーカミオカンデ実験と、マクドナルド博士のSNO(スノー)実験でした。3種類のニュートリノがそれぞれに姿を変えあっているというニュートリノ振動を測定することで、ニュートリノに質量があることを発見しました。素粒子物理学の教科書のような存在である「標準理論」で質量がないとされていたニュートリノが実はそうではなかった！素粒子物理学の世界に一石を投じる衝撃的な発見でした。



## 何がわかるの？

ニュートリノは、宇宙の中で光の次に多い素粒子です。その性質を理解することで、**宇宙の誕生や物質の起源の謎を解き明かす**ことができるのではと考えられています。しかし、宇宙を知る上でとても重要な存在であるにもかかわらず、**未だ謎の多い粒子**なのです。



## 「ニュートリノフロンティアの融合と進化」って？

異なる学問分野の研究者が連携して研究を行い、世界で初めてニュートリノにおける**「粒子と反粒子の違い」**を調べたり、宇宙から来るニュートリノを見て**「我々はどうやって生まれてきたのか？」**という**宇宙創生の謎に挑む**研究者のグループです。



世界最高性能の加速器J-PARCを使ってニュートリノビームを生成し、岐阜県飛騨市にあるスーパーカミオカンデでニュートリノ振動を精密に測定しています。(T2K実験)



原子炉で発生するニュートリノを測定し、同じくニュートリノ振動を研究しています(ダブルショー実験)。さらに、その技術を応用して外部から原子炉をモニターする技術の確立も目指しています。



大気から降り注ぐニュートリノを観測しています。スーパーカミオカンデでの観測と共に、次世代のニュートリノ検出器「ハイパーカミオカンデ」の開発研究を進めています。



宇宙起源の高エネルギーニュートリノを観測しています。これにより、これまで見えなかった宇宙の深部を探ります。(IceCubeニュートリノ観測所)



最先端の素粒子実験装置の開発を行っています。原子炉の保障措置技術の進展、放射線イメージング技術向上等、応用分野への波及効果も期待されています。



ニュートリノを軸とした、素粒子・原子核・宇宙にまたがった分野横断的な理論研究を展開して、「時空とは何か？」という根源的な謎に迫っています。

## 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

ニュートリノの種類が変わるニュートリノ振動という現象を詳しく調べるために、大型加速器J-PARCでニュートリノビームを作って295km離れたスーパーカミオカンデで観測するT2K実験を進めています。その結果、ミュー型ニュートリノから電子型ニュートリノへ変化する新しいニュートリノ振動を発見しました。最近ではニュートリノの反粒子である反ニュートリノのビームを作って粒子と反粒子に違いはあるか(CP対称性の破れ)を調べており、CP対称性は破れていそうだという面白そうな結果が現在出てきています。「なぜ世界から反物質は消えて、物質だけになっているのか」という宇宙創世の謎を説明するヒントがニュートリノにあるのかもしれない。



### T2K実験の様子:

茨城県那珂郡東海村から岐阜県飛騨市神岡町に向けてニュートリノビームを発射している。



素粒子研究は、目に見えないとても小さな素粒子の謎に全周1km以上の大型加速器や山の地下1000mにある大型測定器を使ったスケールの大きな実験で挑む夢とロマンのあるものです。我々の宇宙がどのようにできたのか、一緒に解き明かしましょう。

研究代表者  
中家 剛 京都大学 理学系研究科 教授

## T2K実験!



J-PARCちゃん  
茨城県那珂郡東海村 在住。  
陽子をいろんなものに力いっぱいぶつけるのが得意。



スーパーカミオカンデちゃん  
岐阜県飛騨市神岡町 在住。  
ニュートリノで有名だけど、陽子崩壊も見つけない。

## 原子炉ニュートリノを用いた 基礎科学および応用科学

原子力発電所ではウランの核分裂から得られる熱エネルギーから電力を作り出していますが、この時に大量のニュートリノも生成されていることをご存知ですか？このニュートリノは使われることなく、宇宙空間に逃げています。フランスのChooz(ショー)原子力発電所で行っているDouble Chooz(ダブルショー)実験ではこの原子炉ニュートリノを詳しく調べることで、ニュートリノ振動の仕組みを知るために大事な要素のひとつである $\theta_{13}$ という値を測定しました。これは7か国の国際共同実験ですが、その中でも日本グループは中心となって活躍しています。また、原子炉の建物の外に小型のニュートリノ検出器を置くことで核査察の新しい方法を開発する応用研究も進めています。



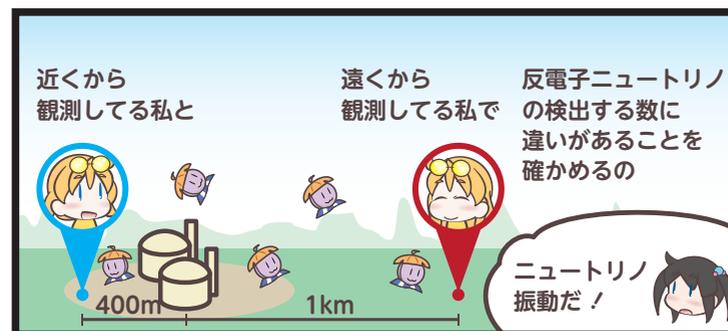
ダブルショー測定器の建設中の写真。液体シンチレーターを入れる二重アクリル容器と、その外側に設置された390本の光電子増倍管(磁気シールド筒に入っている)が見える。



ニュートリノ実験を始めとする素粒子物理学実験では大型国際共同研究の中で世界中からの研究者と一緒に、若い大学院生や研究者が「人類がまだ知らない事実を一番最初に見たい」という情熱を持って頑張っています。あなたもこの世界を覗いてみませんか？

研究代表者  
久世 正弘 東京工業大学 理学院 教授

## 近くから、遠くから



Double Chooz(ダブルショー)ちゃん  
フランスのショー原子力発電所近くに在住の双子。  
原子炉からのニュートリノを二人で観測しています。

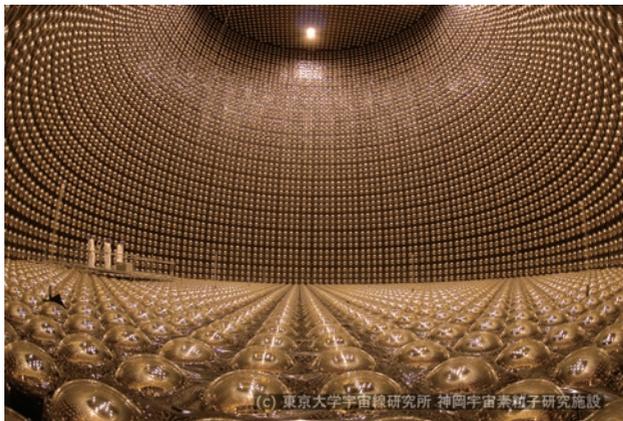


近くから遠くから観測  
原子炉からの反電子ニュートリノを2つの距離で観測  
ニュートリノ振動のパラメータを詳細に調べます。

# 大気ニュートリノを用いた 質量階層構造の研究と 次世代研究フロンティアの発展

スーパーカミオカンデ装置を用いて地球の大気で生まれるニュートリノ(大気ニュートリノ)を観測し、3種類のニュートリノの質量の順番を調べています。質量の順番は大気ニュートリノが地球内部の高密度部分を通り抜けてくる際のわずかな振動の違いに現れます。たくさんの観測データを詳しく調べたところ、第3世代のニュートリノが第1・第2世代よりも重い質量を持つ仮説がデータをよりよく説明することがわかりました。しかし、質量の順番の決定のためにはさらなる研究が必要です。またニュートリノ研究を飛躍的に発展させるハイパーカミオカンデ実験計画は文部科学省に優先度の高いプロジェクトとして選ばれており、実験開始の準備を進めています。

スーパーカミオカンデ装置を用いて、太陽や大気、超新星爆発から飛来する自然のニュートリノ、さらにJ-PARC加速器からの人工ニュートリノも観測し、素粒子や天体の研究を進めている。また水中の陽子が崩壊する現象も並行して探している。



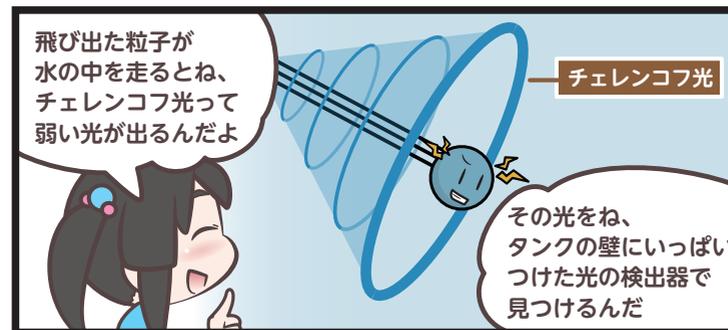
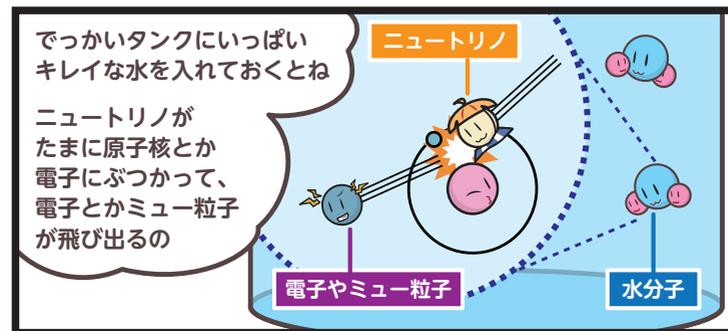
© 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設



ニュートリノの詳しい性質と陽子崩壊現象は、自然を支配する法則の理解を大きく進展させる可能性を持っています。スーパーカミオカンデを超える感度を持つハイパーカミオカンデ装置を建設し、研究を大きく前進させたいと考えています。

研究代表者  
塩澤 真人 東京大学 宇宙線研究所 教授

## ニュートリノの探し方



でっかいタンク  
5万トンの純水(混じりけのない水)が詰まっています。でっかければでっかいほど、検出には有利。



いっぱい検出器  
光電子増倍管(フォトマル)と呼ばれる検出器。正確にはタンクの内側に11129個ついています。

## ニュートリノで探る深宇宙

宇宙には光のスピードで降り注ぐ宇宙線と呼ばれる「高エネルギー」物質の束が存在し、その大半は物質の基本構成要素である陽子です。この中には、目に見える光に比べ1000兆倍以上もエネルギーの高いものがあります。極限宇宙の産物とも言えるこの宇宙線はどう作り出されたのでしょうか？実は宇宙線を放射する天体は、ニュートリノも放射していると考えられています。電荷も持たず「弱い相互作用」しか感じない素粒子であるニュートリノは、遙か遠方の天体からもまっすぐ飛んできます。この高エネルギーのニュートリノを捉えれば、未知の新しい宇宙の姿を解き明かすことができるのです。私たちは南極に建設した世界最大のニュートリノ観測装置IceCube(アイスキューブ)を使いニュートリノで宇宙を「視て」います。



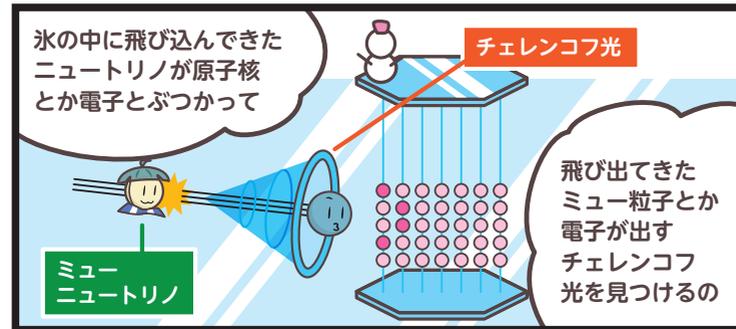
南極点に建つIceCube実験制御室。氷の下には5165個の検出器が埋められており、制御室とつながったケーブルで電源を供給し、検出器が氷中で捉えたニュートリノ反応のデータ受信などを行っている。



人生は一度きり、やるからには自分の情熱がかきたてられるものにチャレンジしよう。失敗するか、成功するかは、あとで悩めばいいんです。

研究代表者  
吉田 滋 千葉大学 理学研究院 教授

## ニュートリノハンター！



アイスキューブ (IceCube) さん  
南極の氷を使ってニュートリノを観測中。  
こんなところまで実験しに行く実験屋さんです。



DOM  
「Digital Optical Module」の頭文字、ドム。  
五千個くらゐ氷に埋めば、ニュートリノを待つてます。

## 超高解像度 ニュートリノ検出器の開発

チャームフォークやタウニュートリノの研究で素粒子物理学に貢献してきた原子核乾板と呼ばれる技術を発展させて、次世代のニュートリノ研究であるCP対称性の破れや標準理論を超えた物理の探求に貢献するための研究開発をしています。市販の写真フィルムの製造開発が縮小・廃止される中、写真を愛する企業OBの写真技術者たちの協力を頂いて、大学に乳剤製造装置を設置して原子核乾板の独自開発・製造を推進してきました。目的とする観測に最適な乾板の開発、供給体制の確立、実験の高度化や規模拡大に対応することで、開発した乾板はニュートリノ研究のみならず、宇宙の暗黒物質検出、気球搭載型大口径γ線望遠鏡の実現、宇宙線ラジオグラフィーなどに使われ、その成果をあげつつあります。

### 原子核乳剤製造装置 (名古屋大学)

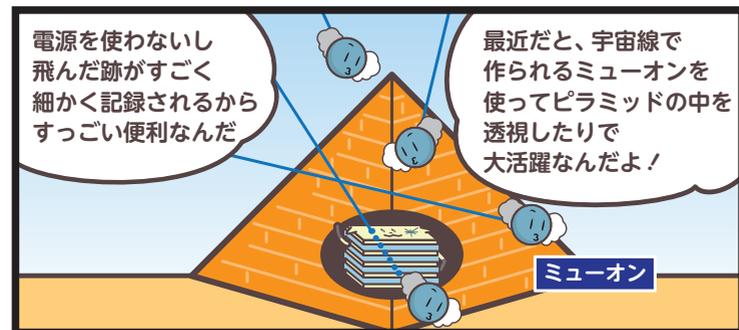
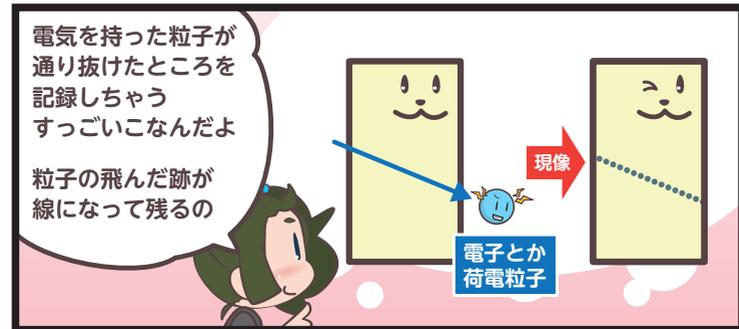
硝酸銀溶液と臭化銀溶液を制御して反応させ、原子核乳剤を作る装置。作成された乳剤はJ-PARCでのニュートリノ実験、高分解能γ線望遠鏡、宇宙線ラジオグラフィーなどで使われている。



2次元の写真技術はデジタル化の嵐の前に吹き飛びましたが、3次元記録媒体としての原子核乾板はしぶとく生き残っています。必要なインフラを大学に整備できた事から、思いついた事を試すのが容易になっており、若手を中心に原子核乾板を用いた小中規模プロジェクトの立案・試行が活発になっています。

研究代表者  
中村 光廣 名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

## この頃流行りのエマルジョン



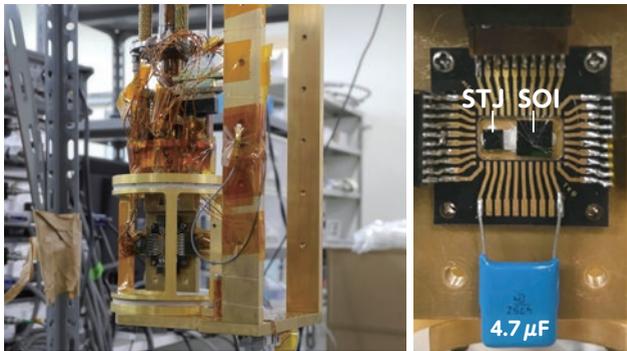
エマルジョン(原子核乾板)フィルムを使った写真と同じ仕組みを使っている、素粒子観測に昔から使われてきた検出器です。



J-PARCちゃんもエマルジョン  
J-PARCちゃんの作るニュートリノを詳しく調べるNINA実験を計画しています。

# 宇宙背景ニュートリノの崩壊探索に用いる超伝導赤外線検出器の開発

宇宙空間には宇宙背景ニュートリノと呼ばれるニュートリノが一様に存在すると予言されています。この宇宙背景ニュートリノの崩壊を探索するCOBANDロケット実験を行うため、ニュートリノが崩壊するときに生まれる遠赤外線のエネルギーを1光子ごとに2%以下の精度で測定する超伝導トンネル接合素子(STJ)検出器を開発しています。NbとAlを超伝導素材とするNb/Al-STJ検出器と分光素子を組み合わせた極低温赤外線観測装置に重要な極低温増幅器を開発して、Nb/Al-STJ光応答信号を増幅することに成功しました。将来の人工衛星搭載実験に向けたエネルギーギャップの極めて小さいハフニウムを用いたHf-STJの開発も並行して行い、世界初のHf-STJ光応答信号の観測にも成功しています。現在はロケット実験に向けた光学系、冷凍機を含めた観測装置の準備を進めているところです。



0.4Kの極低温冷凍機内のNb/Al-STJ検出器にSOI極低温前置増幅器を同一チップキャリア上で接続しています。



宇宙背景ニュートリノの崩壊を探索するCOBAND実験を行うために、ニュートリノ崩壊時に生成する遠赤外線を測定する超伝導トンネル接合素子(STJ)検出器を開発してきました。この超伝導量子測定器技術は、将来的に暗黒物質探索・コヒーレントニュートリノ散乱などの実験でも用いられることが期待されています。

研究代表者  
金 信弘 筑波大学 数理物質科学研究科 教授

## ニュートリノのためなら



宇宙背景ニュートリノ  
宇宙が生まれて数秒後に作られたニュートリノが宇宙には満ちあふれていると考えられています。

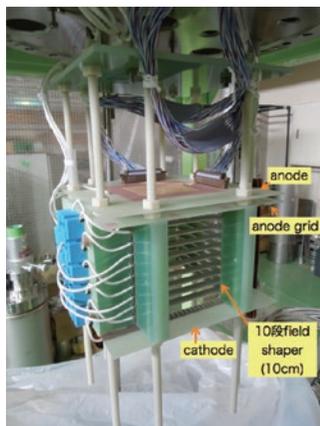


COBANDさん  
ニュートリノが壊れるところを観測するために、ニュートリノの質量を決めようとしています。

## 液体アルゴン3次元飛跡 イメージング検出器の開発研究

液体アルゴン3次元飛跡イメージング検出器は、素粒子をリアルタイムで視覚的に捉えることのできる現代版電子泡箱とも言える夢の検出器です。その検出器性能の高さから、将来のニュートリノ実験や核子崩壊実験、暗黒物質探索実験に非常に有望な検出器となっています。現在の世界最大の検出器は600トンのICARUS実験なのですが、将来のニュートリノ物理や核子崩壊物理に使用するためには更なる大型化が必要で、そのためには大型化への技術開発、特に安価な検出器を作成する技術を育てることが大事です。また実際の荷電粒子を使ったデータでその性能を確認するために、エネルギーや運動量、角度、粒子の種類など、良く理解された荷電粒子を使ったビームテストを行うことが重要となっ

てきます。そこでB03班では、大型検出器にも使用できる安価な検出器技術の開発と荷電粒子ビームを用いた検出器応答試験を行ってきました。



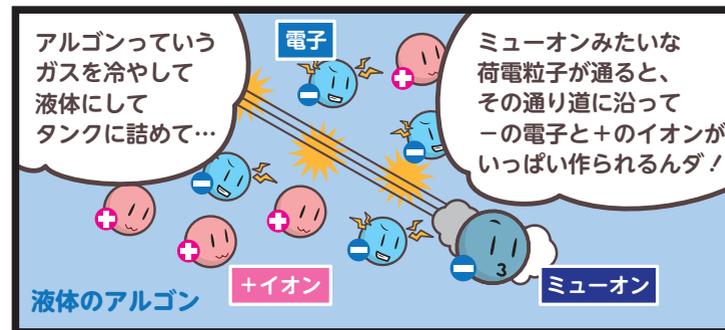
KEK-30L小型液体アルゴン検出器。



液体アルゴン3次元飛跡検出器は、夢のある検出器です。世界各地で技術開発が行われていて、いくつかの100トン級の検出器は既に実際に実験で使われています。B03班では、更なる検出器の大型化・多様化を目指し、検出器技術の開発や検出器のビームを使った理解に取り組んできました。

研究代表者  
丸山 和純 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 准教授

## ニュートリノだって見えちゃう



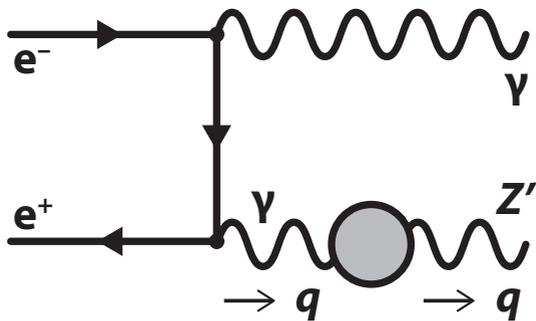
アルゴンTPC  
この中を荷電粒子が飛ぶと飛跡が信号になる装置。  
リアルタイム Projection Chamberの略だよ。



ニュートリノとTPC  
ニュートリノは電気を持っていないんですが、原子核に当たったときの反応を見ることはできます。

## ニュートリノ振動現象論の新展開と 新物理の探求

素粒子の標準模型と呼ばれる理論は素粒子のほとんどの現象を説明できますが、ニュートリノの質量は標準模型では説明できない謎のひとつです。素粒子物理学の重要な研究テーマは標準模型を超える物理の探求であり、ニュートリノの研究がその突破口になるのではないかと期待されています。1998年のスーパーカミオカンデ実験以降さまざまな実験結果が発表され、ニュートリノ物理学の研究は今新たな段階に入ってきています。私たちのグループでは、3種類のニュートリノの混ざり方のパラメーターの精密決定をするための実験の現象論、ニュートリノで探索できる新物理の現象論、大型加速器実験における荷電レプトンを通して得られる新物理への制約などについて研究を進めています。



謎の現象を説明するために新たに提唱された模型を実験的に検証する目的で考えだされた過程。



ニュートリノを始めとする素粒子物理学の研究は、日常生活にすぐに役に立つものではありませんが、利害関係がないがゆえに国際的な共同研究も盛んです。私たちは宇宙の究極の法則を解き明かすため、日々研究を続けています。

研究代表者  
安田 修 首都大学東京 理工学研究科 教授

## そっくり? ちょっとちがう?



電氣的に中性なニュートリノと反ニュートリノ、反応したときに出る粒子の電気の正負を見ることで、粒子と反粒子の関係にあることがわかっています。



帽子がずれてる反ミューニュートリノちゃん T2K実験によって、反ミューニュートリノの性質の違いがちょっとだけ見えてきました。

# ニュートリノで探る 原子核のクォーク・グルーオン構造と 標準反応模型の構築

ニュートリノ振動を解明していくためには、ニュートリノと原子核の反応を幅広いエネルギー領域にわたって詳しく理解することが必要です。私たちは、原子核を構成する核子の励起状態を通じてパイ中間子や様々な中間子を生成する共鳴領域の過程や、さらに高エネルギーにおいて原子核内部のクォークが叩き出される深非弾性散乱と呼ばれる過程のニュートリノ反応に関する理論的研究を行いました。共鳴領域においてはすべての中間子生成反応データを包括的に記述するニュートリノ反応模型を構築し、また深非弾性領域のニュートリノ原子核散乱データを解析してニュートリノ反応と荷電レプトン反応における原子核補正には多少差異がある可能性がわかってきました。



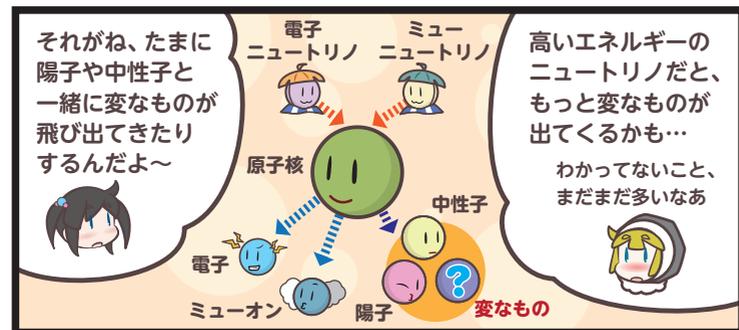
大阪開催のニュートリノ原子核相互作用に関する国際会議



修士のときにベータ崩壊に関する研究を始めて以来、ニュートリノ物理とハドロン物理を行き来してきました。おかげで、キャラの違うコミュニティでの出会いからインスピレーションをもらい、楽しく研究を進めています。

研究代表者  
佐藤 透 大阪大学 核物理研究センター 招へい教授

## 原子核とニュートリノ



電子とかミューオンが出てくる  
電子ニュートリノが原子核と反応すると電子が  
ミューニュートリノだとミューオンが出てきます。



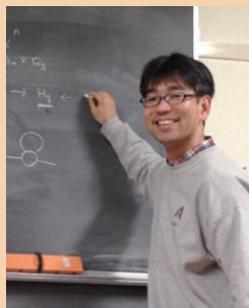
原子核について理解する  
ニュートリノと原子核の反応について、  
よく理解できているというわけはないのです。

## ニュートリノで探る 素粒子の起源と宇宙の構造

宇宙がどのように始まって、今の銀河や銀河団の構造が作られていったのか、その理解には素粒子の性質を知ることが必要です。これまでの研究で、宇宙の物質と反物質の非対称性が宇宙初期のニュートリノ振動によって生成されることを発見し、今後の検証可能性について現在研究を続けているところです。またその他にも、未だ正体不明な暗黒物質がごく稀にニュートリノに崩壊してそれがIceCube実験で発見された超高エネルギーニュートリノを説明する可能性、実は暗黒物質がヒッグス粒子でできている仮説、超対称性理論によって宇宙の謎を説明する可能性、超弦理論の真空構造と宇宙の歴史との関連など、素粒子と宇宙の謎にまつわる理論的研究を行っています。



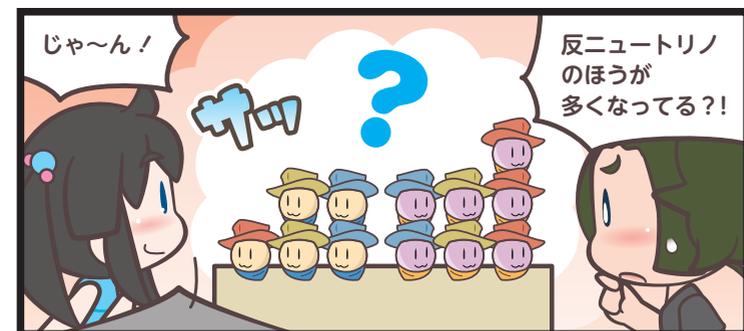
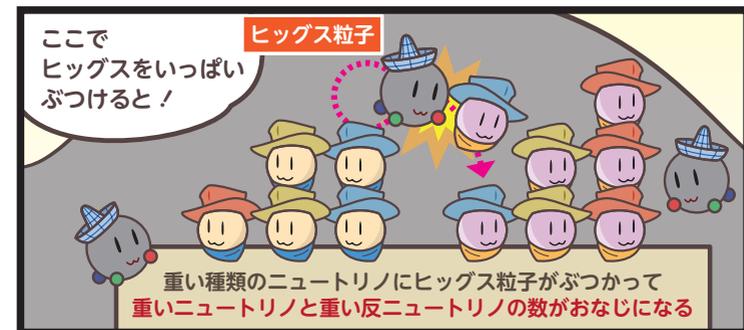
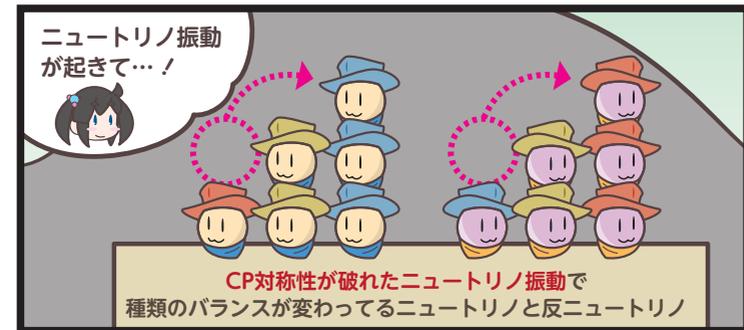
理論・実験共同研究会  
New Physics Forum を  
定期的に開催し、活発な議  
論の場や共同研究の機会  
を提供しています。



宇宙のバリオン数の起源や暗黒物質の正体、それから標準模型のその先など、新しい視点から仮説を立てて研究を行っていきます。ニュートリノを始め、素粒子と宇宙についての新発見を目指して最高の研究チームで未解決の謎に挑みます。

研究代表者  
北野 龍一郎 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 教授

## ニュートリノ・マジック!



反ニュートリノのほうが多い? 生まれたときは同じだけあったはずのニュートリノと反ニュートリノ、気がついたら反ニュートリノが多くなっていました。CP対称性の破れによって引き起こされるこの現象が、今の物質が多い宇宙を作ったという説があります。



## 「ニュートリノフロンティアの融合と進化」の年表

2013.7	新学術領域「ニュートリノフロンティアの融合と進化」が採択
2013.7	石原がIUPAP若手賞を受賞
2013.11	今野が第15回高エネルギー物理学奨励賞を受賞(後に日本物理学会若手奨励賞も受賞)
2013.12	市川が平成25年度第1回湯浅年子賞を受賞
2013.12	T2K実験の結果がアメリカの科学雑誌「Discover magazine」の2013年トップ記事ベスト100に
2014.1	IceCube実験の成果がIOP(英国物理学会)のPhysics World 2013 Breakthrough of the Yearの第一位に
2014.2	吉田、石原が平成基礎科学財団 第5回戸塚洋二賞を受賞
2014.2	J-PARCニュートリノビームグループが公益財団法人 高エネルギー加速器科学研究奨励会 平成25年度諏訪賞を受賞
2014.3	Bezerraが東北大学総長賞を受賞
2014.6	高橋、福田が平成26年度日本写真学会において進歩賞を受賞
2014.10	Bezerraが第16回高エネルギー物理学奨励賞を受賞(後に日本物理学会若手奨励賞も受賞)
2014.10	Wendellが第9回(2015年)日本物理学会若手奨励賞を受賞
2014.11	中家、小林が2014年度仁科記念賞を受賞
2015.2	中家、小林、塩澤が平成基礎科学財団 第6回戸塚洋二賞を受賞
2015.3	小林が読売テクノ・フォーラム 第21回ゴールド・メダル賞を受賞
2015.3	佐藤、鎌野が日本物理学会 第20回(2015年)論文賞を受賞
2015.5	仲村が高エネ研(KEK)測定機開発室 第5回測定器開発優秀修士論文賞を受賞
2015.6	OPERA実験、タウニュートリノの出現5事象観測
2015.7	T2K実験が「反電子型ニュートリノ出現現象」に関する最初の結果を発表
2015.9	家城が第17回高エネルギー物理学奨励賞を受賞(後に日本物理学会若手奨励賞も受賞)
2015.10	梶田隆章先生とArt McDonald教授が「ニュートリノ振動の発見」でノーベル賞を受賞
2015.11	T2K実験、スーパーカミオカンデ実験が米国ブレークスルー賞財団2016年基礎物理学ブレークスルー賞を共同受賞
2016.2	西川公一郎先生と中村健蔵先生が平成基礎科学財団 第7回戸塚洋二賞を受賞
2016.2	OPERA実験が日本物理学会 第21回(2016年)論文賞を受賞
2016.3	原子炉ニュートリノ実験DoubleChoozがニュートリノ混合角 $\theta_{13}$ の新しい測定値を発表
2016.5	ChauveauがTYL-FJPL Young Investigator Awardを受賞
2016.7	T2K実験がCP対称性の破れの最新結果を公表
2016.7	末包がフランスの「ブレーズ・パスカル・チェア」に選出
2016.12	IceCube実験が高エネルギー宇宙ニュートリノ探査の結果を発表
2017.2	佐藤、中村が平成基礎科学財団 第8回戸塚洋二賞を受賞
2017.2	西川公一郎先生が2016年のPontecorvo prizeを受賞
2017.4	石原が一般財団法人 女性科学者に明るい未来をの会 第37回猿橋賞を受賞
2017.8	ハイパーカミオカンデが学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想ロードマップに掲載
2017.8	T2K実験におけるニュートリノ振動の最新結果を発表
2017.9	石原がWIRED PROMOTIONのWIRED Audi INNOVATION AWARD 2017を受賞
2017.10	書籍「現代素粒子物理 一実験的観点からみる標準理論—(末包文彦、久世正弘他著)」が日本物理学会誌の「新著紹介」に掲載
2018.3	新学術領域研究「ニュートリノフロンティアの融合と進化」を総括するための国際会議を開催
2018.5	OPERA実験、ニュートリノ振動の最終結果発表
2018.7	IceCube実験が高エネルギーニュートリノ放射天体を初めて同定、ニュートリノが拓くマルチメッセンジャー天文学が開花
2018.8	一般向け講演会「みんなにわかるニュートリノのお話—素粒子と宇宙について—」を開催

### 総括班

中家 剛(京都大学)、久世 正弘(東京工業大学)、塩澤 真人(東京大学)、吉田 滋(千葉大学)、中村 光廣(名古屋大学)、金 信弘(筑波大学)、丸山 和純(大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、以下 KEK)、安田 修(首都大学東京)、佐藤 透(大阪大学)、北野 龍一郎(KEK)、横山 広美(東京大学)

#### A01: 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

中家 剛(京都大学)、市川 温子(京都大学)、小林 隆(KEK)、小関 忠(KEK)、中平 武(KEK)、清矢 良浩(大阪市立大学)、南野 彰宏(横浜国立大学)、外山 毅(KEK)、中村 輝石(京都大学)、内藤 大地(KEK)、久保木 浩功(KEK)

#### A02: 原子炉ニュートリノを用いた基礎科学および応用化学

久世 正弘(東京工業大学)、兼田 充(東京工業大学)、今野 智之(東京工業大学)、阿部 陽介(東京工業大学)、Ralitsa Sharankova(東京工業大学)、石塚 正基(東京理科大学)、末包 文彦(東北大学)、白井 淳平(東北大学)、古田 久敬(東北大学)、T.J.C. Bezerra(東北大学)、E. Chauveau(東北大学)、住吉 孝行(首都大学東京)、前田 順平(首都大学東京)、松原 綱之(首都大学東京)、原 俊雄(神戸大学)、川崎 健夫(北里大学)、岩田 修一(北里大学)、田村 詔生(新潟大学)、長坂 康史(広島工業大学)、坂本 泰伸(東北学院大学)、袁輪 真(東京大学)、井上 慶純(東京大学)、加藤 陽(東京大学)

#### A03: 大気ニュートリノを用いた質量階層構造の研究と次世代研究のフロンティアの発展

塩澤 真人(東京大学)、横山 将志(東京大学)、早戸 良成(東京大学)、鈴木 州(神戸大学)、田中 真伸(KEK)、竹内 康雄(神戸大学)、中山 祥英(東京大学)、関谷 洋之(東京大学)、三浦 真(東京大学)、Wendell Roger(京都大学)、伊藤 好孝(名古屋大学)、亀田 純(東京大学)、田中 秀和(東京大学)、奥村 公宏(東京大学)、西村 康宏(東京大学)、小汐 由介(岡山大学)、清水 格(東北大学)、矢野 孝臣(東京大学)

#### A04: ニュートリノで探る深宇宙

吉田 滋(千葉大学)、間瀬 圭一(千葉大学)、奥村 公宏(東京大学)、石原 安野(千葉大学)、Lu Lu(千葉大学)、Matthew Relich(千葉大学)、桑原孝雄(千葉大学)、永井 遼(千葉大学)、上山 俊介(千葉大学)、井尻 寛人(千葉大学)

#### B01: 超高解像度ニュートリノ検出器の開発

中村 光廣(名古屋大学)、佐藤 修(名古屋大学)、長縄 直崇(名古屋大学)、中 竜大(名古屋大学)、福田 努(名古屋大学)、六條 宏紀(名古屋大学)、青木 茂樹(神戸大学)、渋谷 寛(東邦大学)、三角 尚治(日本大学)

#### B02: 宇宙背景ニュートリノの崩壊探索に用いる超伝導赤外線検出器の開発

金 信弘(筑波大学)、武内 勇司(筑波大学)、吉田 拓生(福井大学)、池田 博一(独立行政法人宇宙航空研究開発機構)、飯田 崇史(筑波大学)、武政 健一(筑波大学)、木内 健司(筑波大学)、永田 和樹(筑波大学)、笠原 宏太(筑波大学)、八木 俊輔(筑波大学)、若狭 玲奈(筑波大学)、浅野 千紗(筑波大学)

#### B03: 液体アルゴン3次元飛跡イメージング検出器の開発研究

丸山 和純(KEK)、坂下 健(KEK)、成田 晋也(岩手大学)、山野井 豊(KEK)、池野 正弘(KEK)

#### C01: ニュートリノ振動現象論の新展開と新物理の追求

安田 修(首都大学東京)、佐藤 丈(埼玉大学)、下村 崇(宮崎大学)、小池 正史(宇都宮大学)、小西 康文(茨城大学)、太田 俊彦(埼玉大学)、高西 康敬(埼玉大学)、荒木 威(工学院大学)、梁 正樹(埼玉大学)、Monojit Ghosh(首都大学東京)、深澤 信也(首都大学東京)、星野 志穂里(埼玉大学)、金子 史寛(埼玉大学)、大田 慎吾(埼玉大学)、須貝 顕一(埼玉大学)、久保 宗弘(埼玉大学)

#### C02: ニュートリノで探る原子核のフォーク・グルーオン構造と標準反応模型の構築

佐藤 透(大阪大学)、熊野 俊三(KEK)、齋藤 晃一(東京理科大学)、鎌野 寛之(大阪大学)、堀内 涉(北海道大学)、中村 聡(Cruzeiro do Sul 大学)、平井 正紀(日本工業大学)、上坂 優一(埼玉大学)

#### C03: ニュートリノで探る素粒子の起源と宇宙の構造

北野 龍一郎(KEK)、伊部 昌宏(東京大学)、大河内 豊(京都大学)、川崎 雅裕(東京大学)、遠藤 基(東京大学)、松本 重貴(東京大学)、倉知 昌史(慶應義塾大学)、北原 鉄平(カールスルーエ工科大学)、後藤 亨(KEK)、三島 智(KEK)

HP担当: 関谷 絢子、新学術領域秘書: 林 恵理子

2018年8月19日 発行

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(領域番号2504)「ニュートリノフロンティアの融合と進化」

<https://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/nufreontier/>

編集・デザイン: 秋本 祐希(ひっぐずたん(higgstan.com))



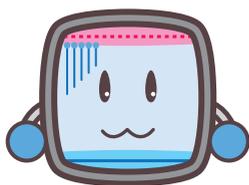
電子ニュートリノ  
electron neutrino



ミューニュートリノ  
muon neutrino



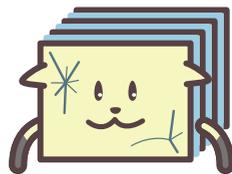
タウニュートリノ  
tau neutrino



TPC  
time projection chamber



フォトマル  
photomultiplier tube



エマルジョン  
nuclear emulsion



反電子ニュートリノ  
electron antineutrino



反ミューニュートリノ  
muon antineutrino



反タウニュートリノ  
tau antineutrino

