

ut stella

高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所

$$\mathcal{L}_g = \frac{c^4}{16\pi G} (R - 2\Lambda) \sqrt{-g}$$

$$\mathcal{L}_{SM} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i \bar{\psi} \not{D} \psi + \text{h.c.} + \bar{\psi}_i \gamma_{ij} \psi_j \phi + \text{h.c.} + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

IPNS

ut stella 素核研は星のごとく

素粒子原子核研究所（素核研）は、極小（素粒子）から極大（宇宙）までの世界をつかさどる物理学の理論を進展させ、それらを最先端の実験により確かめていく研究所です。

5つの分野に分かれて研究を続ける素核研の組織はまるで「星」のような形をしています。

かつて……すべての物質は原子でできていると思われていました。

やがて、原子は原子核と電子でできていることがわかりました。

さらに、原子核は陽子と中性子でできていることがわかり、陽子や中性子は「クォーク」でできていることがわかりました。

今のところ、この「クォーク」と電子とその仲間の「レプトン」は「素粒子」と呼ばれ、物質の最小構成単位だと考えられています。

この世界、つまり宇宙では、物質を構成する素粒子に対して4種類の力が働いています。重力、電磁気力、強い力、弱い力。

これらのうち、電磁気力、強い力、弱い力の3つは、それぞれ別の種類の素粒子（ボース粒子）によって伝えられていることがわかっています。

また、「ヒッグス粒子」はこれらの素粒子に質量を与える働きをしています。

物理学者たちは100年以上の時間をかけてこれらのことを含む「標準理論」を創り上げてきました。

138億年前、誕生直後の宇宙はとても高温で、未だ発見されていない素粒子が存在していたと考えられます。

その後、宇宙は膨張し、温度が冷え、陽子や中性子ができ、原子核、原子、物質ができました。

つまり、素粒子や原子核といった極小の世界を解き明かすことは、宇宙の歴史を遡っていくことを意味します。

素核研は、標準理論を包み込む新たな理論を創り、その理論への確証を実験によって得ていきます。

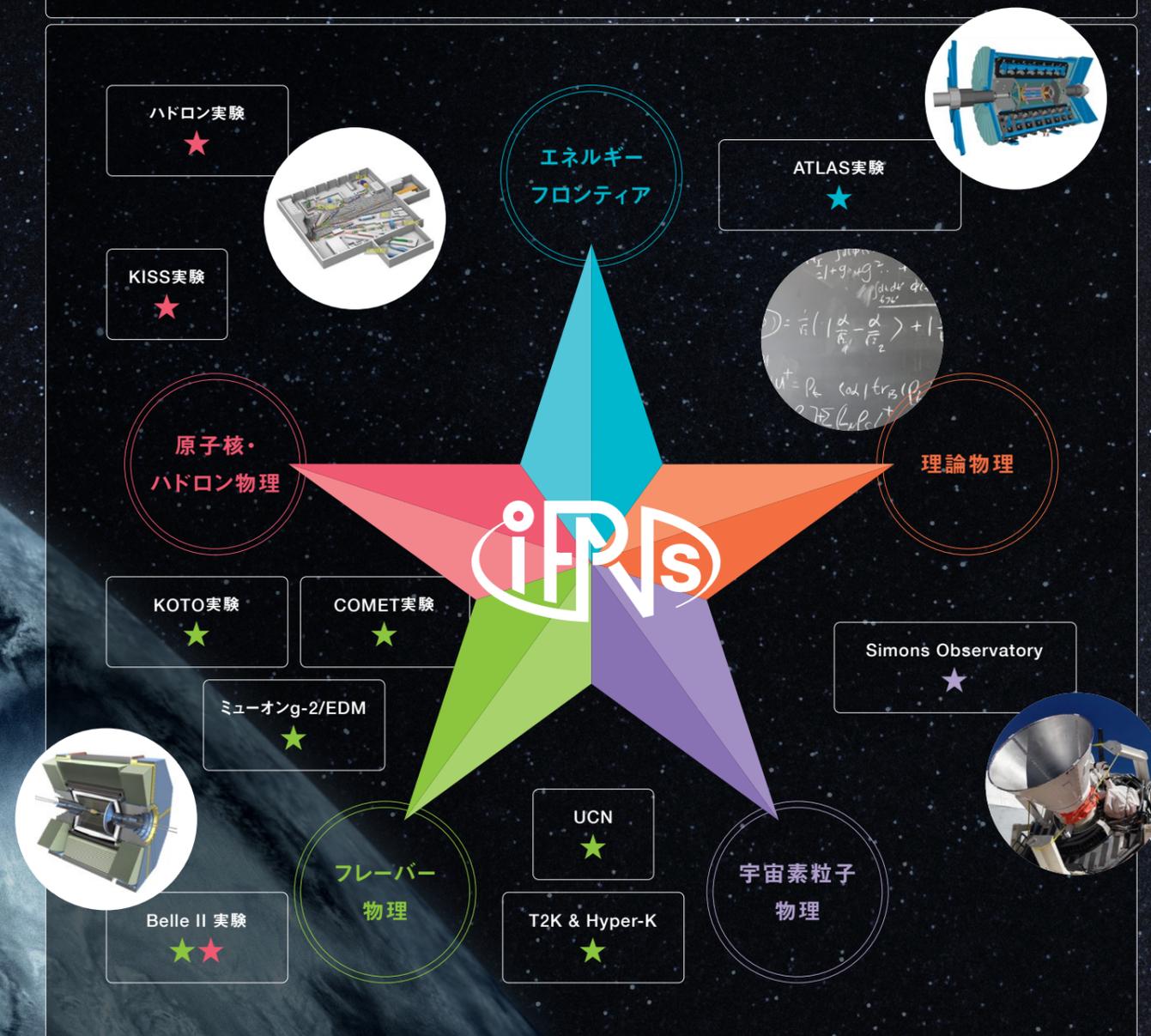
確かめられる実験装置が存在しない場合はその装置さえも自らの手で創り、

素粒子から宇宙まで、すべてに通じる物理のルールを解き明かしていきます。

ut stella — 星のごとく、素核研は未知を照らし続けます。

※ [ut stella] 「星のように」を意味するラテン語。

極微の世界から宇宙までを多面的に探究する



★ エネルギーフロンティア 人類未到達の高エネルギー（エネルギーフロンティア）で新物理法則の発見を目指しています。

★ 原子核・ハドロン物理 原子核の性質や、原子核を結び付けている「強い力」の性質を研究します。

★ フレーバー物理 素粒子の異なる種類とその相互作用を研究することで、新物理法則発見を目指します。

★ 宇宙素粒子物理 宇宙観測を素粒子物理学の観点で進める研究です。

★ 理論物理 素粒子・原子核物理学の理論的な基礎研究を行います。

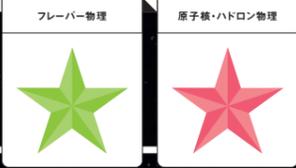
COVER VISUAL

KEKの泡箱が捉えた素粒子反応の飛跡写真。数式は「アインシュタイン博士が導いた重力の方程式」と「素粒子とそれに働く電磁気力・強い力・弱い力の方程式」を表しています。

[IPNS: Institute of Particle and Nuclear Studies] “i”のドットと楕円は、原子中の電子と粒子加速器を意味し、“P”と“N”の重なりは素粒子物理学と原子核物理学が密接に絡み合っていることを表しています。



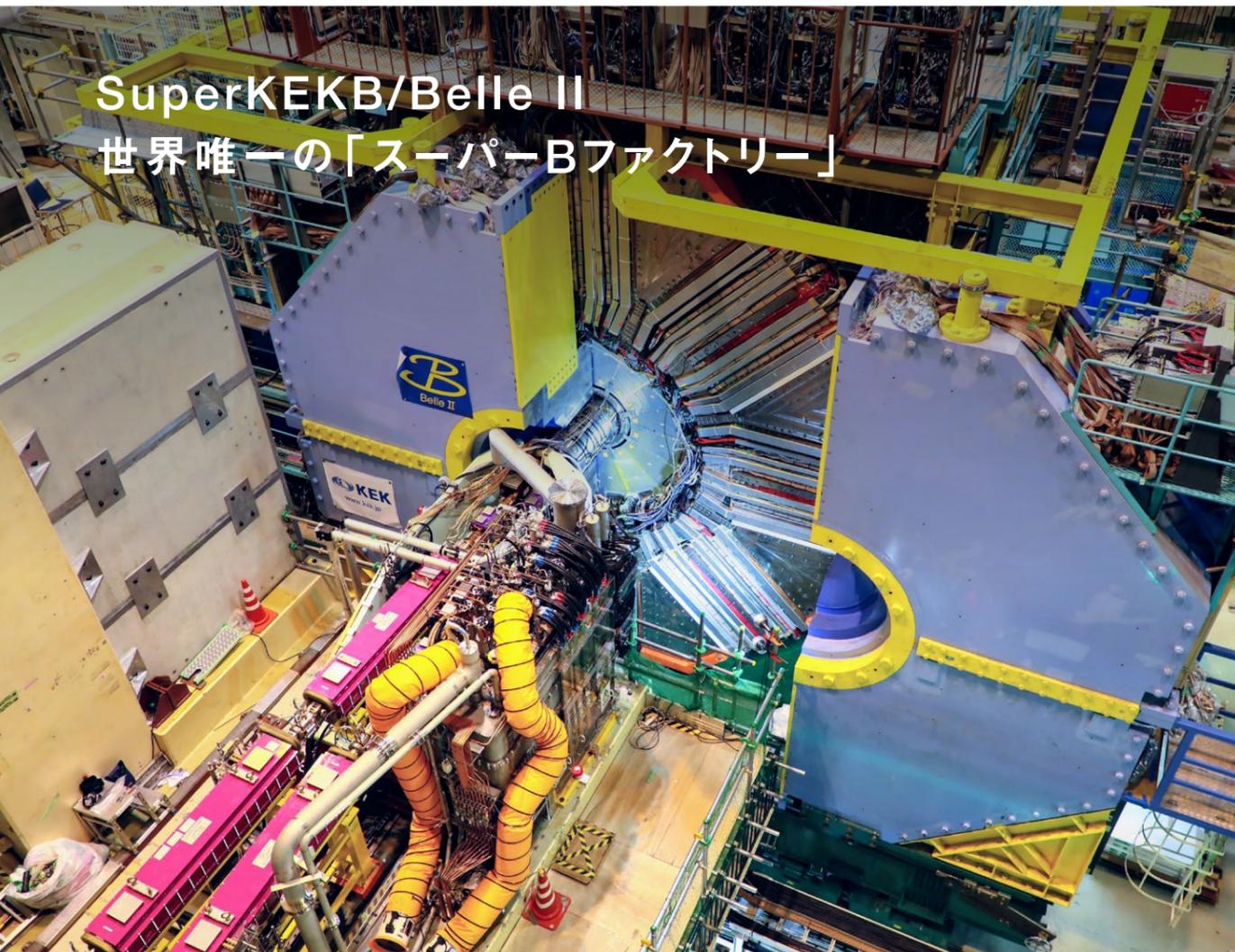
Belle II 実験



世界最高衝突性能の加速器で 新物理法則の発見を目指す

未解明な宇宙の謎を解く鍵となる新しい物理現象を探る、Belle II 実験。SuperKEKB加速器で生成される粒子が崩壊するパターンを詳細に調べることで、宇宙初期に起こったはずの極めて稀な現象を再現し、未知の粒子や力の性質を明らかにします。それにより新しい物理法則の解明を目指し、宇宙から反物質が消えた謎や暗黒物質の正体に迫ります。

SuperKEKB/Belle II 世界唯一の「スーパーBファクトリー」



巨大なBelle II 測定器

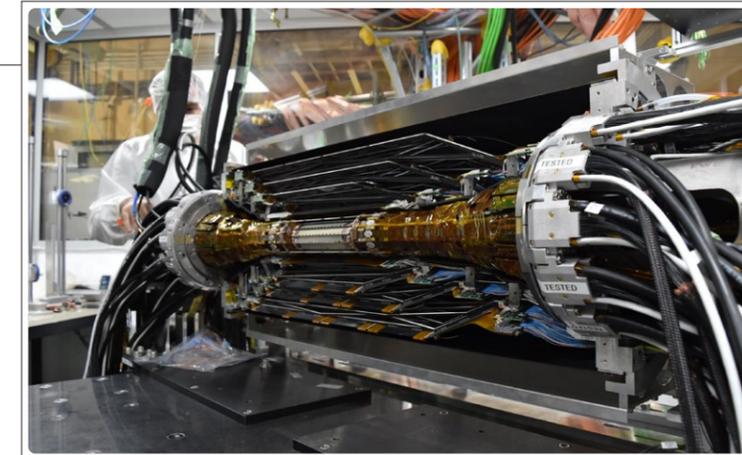
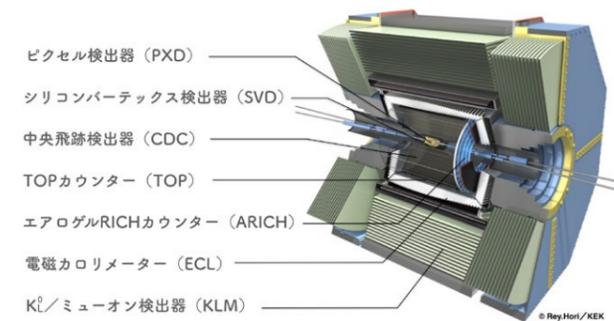
Belle II 測定器の全体の大きさは、幅、奥行き、高さそれぞれ約8m、重さ約1,400トンです。内部には、測定の目的に最適化された様々な

検出器が、衝突点を中心に円筒状に重なる構造をしています。Belle II 実験は2025年現在、28の国と地域、125の大学・研究所か

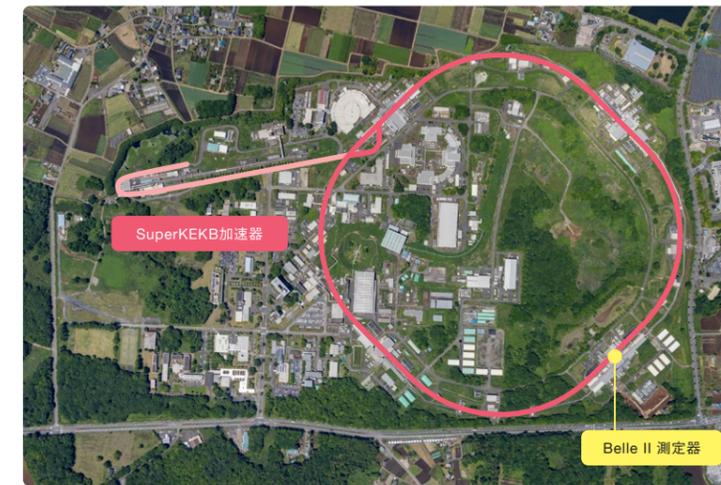
ら1,200名以上が参加する国際共同実験で、KEKがホストしています。前実験の50倍のB中間子崩壊等のデータ収集を目指しています。

Belle II 測定器内部

崩壊により生成されるパイオン、K中間子、電子、ミューオン、光子、陽子などの二次粒子はこれらの検出器によって精密に測定されます。



ピクセル検出器とシリコンバーテックス検出器: B中間子の崩壊点を精密に測定します。



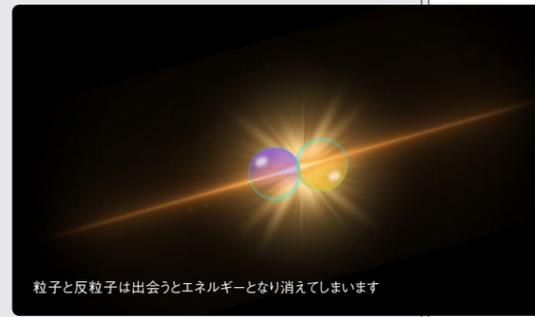
世界最高衝突性能をもつ SuperKEKB加速器

SuperKEKBは周長約3kmの電子・陽電子衝突型加速器で、ルミノシティ(衝突性能)の世界最高記録を保持しています。今後も様々な調整を続け、さらなる衝突点ビームサイズの絞り込み・電流の増強によって、最終的には前身KEKBの数倍のルミノシティ実現を目指しています。

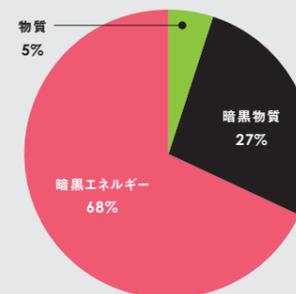
宇宙から消えた反粒子のなぞ

宇宙の始まりであるビッグバンでは「物質」と「反物質」が同じ量ずつ作られたと考えられています。ところが、現在の宇宙はほぼ「物質」だけで満たされています。物理学者はこの一因に「CP対称性の破れ」があると考えています。「CP対称性」とは、物質を作る「粒子」と反物質を作る「反粒子」とで物理法則が同じであることを意味します。しかしこの対称性はわずかに破れている、すなわち「粒子」と「反粒子」と

で物理法則が少しだけ異なることがこれまでの実験結果や、標準理論で示されています。1973年に提唱された小林・益川理論が正しければ、ボトムクォークを含むB中間子崩壊でCP対称性が大きく破れると予言され、Belle実験で実証されました。しかしながら、そのCP対称性の破れは、なぜ「反物質」が消失したのかを説明するには小さすぎて、素粒子物理学の大きな謎となっています。



粒子と反粒子は出会うとエネルギーとなり消えてしまいます



暗黒物質の正体を探る

最新の宇宙観測によると、我々が知っている標準理論の「物質」は宇宙全体の5%を構成するにすぎず、残りの95%は、未知の「暗黒物質」や「暗黒エネルギー」だと考えられています。暗黒物質の正体は標準理論の粒子ではないこと以外、何もわかっていません。Belle II 実験では暗黒

物質も重要な研究対象です。例えば、「暗黒光子」や「暗黒ヒッグスボゾン」と呼ばれる、現在の標準理論には含まれていない仮説上の粒子は、暗黒物質と通常の物質をつなぐ可能性があると考えられています。このような未知の暗黒物質の手がかりをあらゆる手を尽くして探しています。

エネルギーフロンティア

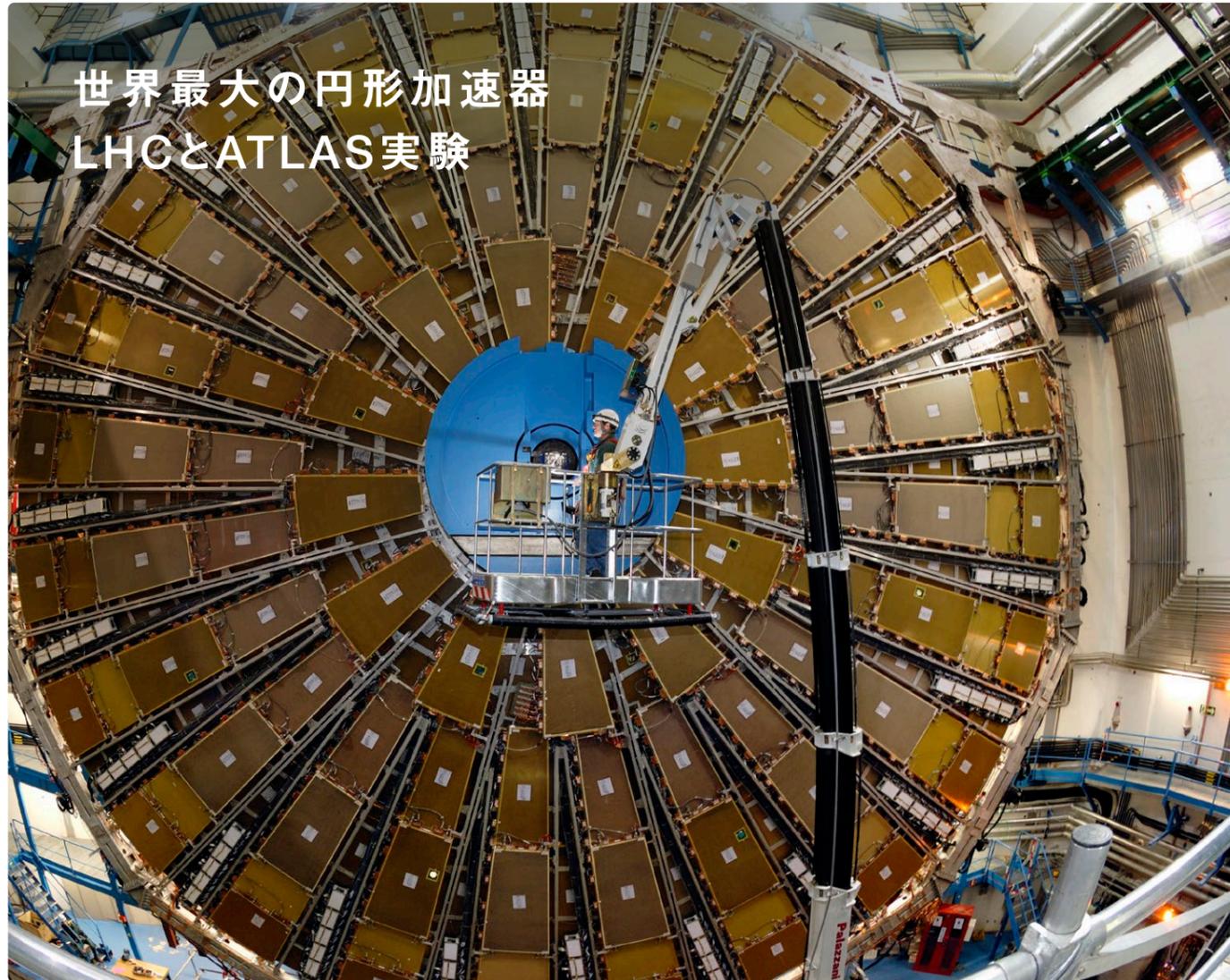
エネルギーフロンティア



人類未到達の高エネルギーでの物理法則の探究

高エネルギー加速器で誕生直後の宇宙を支配していた素粒子とその現象を創り出し、直接観測するのがエネルギーフロンティア実験です。現在は、スイス・ジュネーブ近郊にあるCERNのLHC/ATLAS国際共同実験を進め、LHC実験が発見したヒッグス粒子の性質の徹底解明と未知粒子の発見を目指しています。

世界最大の円形加速器 LHCとATLAS実験

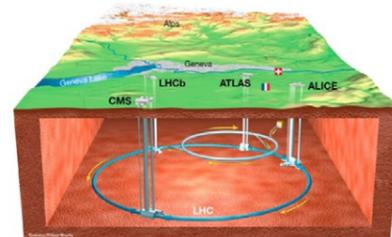


© 2006-2023 CERN

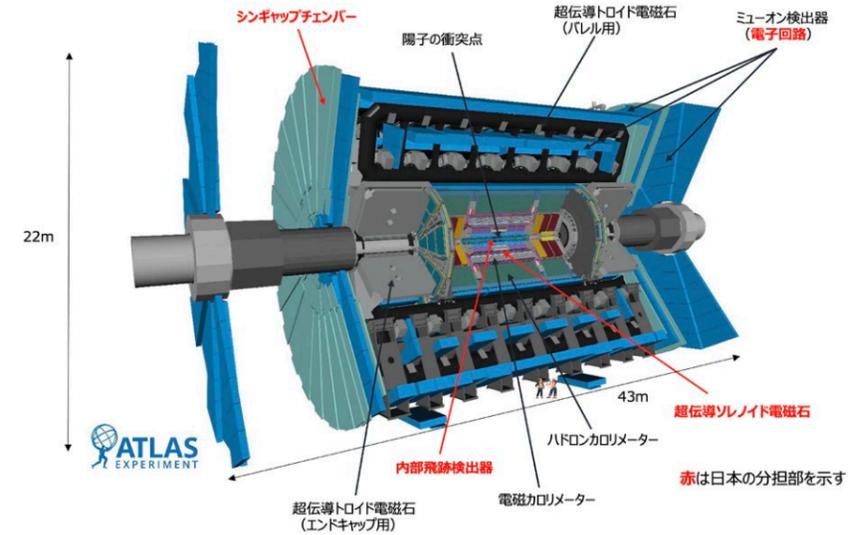
LHC(大型ハドロン衝突型加速器)は、世界最高の衝突エネルギーを誇る円形加速器です。そのひとつの衝突点で起こる反応を直径22メートル、長さ43メートル、総重量7,000トンという巨大なATLAS検出器で観測します。ATLAS実験は、約3,000人(修士課程の学生やエンジニアなどをふくめると6,000人に近い)からな

る国際共同実験で、エネルギーフロンティアグループは、検出器の建設から物理解析に至るまで、ATLAS実験の中で中核的な役割を担っています。

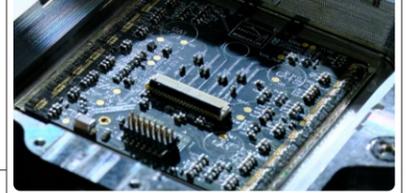
LHCは陽子と陽子を衝突させる世界最大の円形加速器で、地下約100メートルに設置されています。その周長は27キロメートルにもなります。



ATLAS実験における日本グループの貢献



©2022 CERN



内部飛跡検出器に設置するHL-LHC実験用ビケル読み出し半導体検出器モジュール。より精度高く荷電粒子の飛跡を捉えます。

様々な種類の検出器を使って、陽子・陽子の衝突によって生成した多量の粒子の種類、運動量、エネルギー、通過位置、崩壊点などを測定します。日本グループは、内部飛跡検出器、超伝導ソレノイド電磁石、シンギャップチェンバー、ミューオン検出器用電子回路の開発から建設、そして、実験時の運転に至るまで重要な役割を担っています。さらには、データ解析を行い、ヒッグス粒子発見をはじめとする様々な物理成果の創出においても活躍してきました。LHC実験は、陽子・陽子の衝突頻度を大きく高めた高輝度化(HL-LHC)を進めています。そのための検出器アップグレードに向けて、日本グループは、内部飛跡検出器とミューオントリガー検出器回路の刷新を主導しています。

次世代のエネルギーフロンティア実験に向けた測定器開発

LHC実験やHL-LHC実験で明らかになる新物理のエネルギースケールを調べるために、LHCよりさらに大きな円形衝突型加速器や直線衝突型加速器の計画が世界中で提案されています。KEK素粒子原子核研究所は、国内外の大学・研究機関と協力して、これら次世代のエネルギーフロンティア実験への導入を目指した検出器開発も進めています。



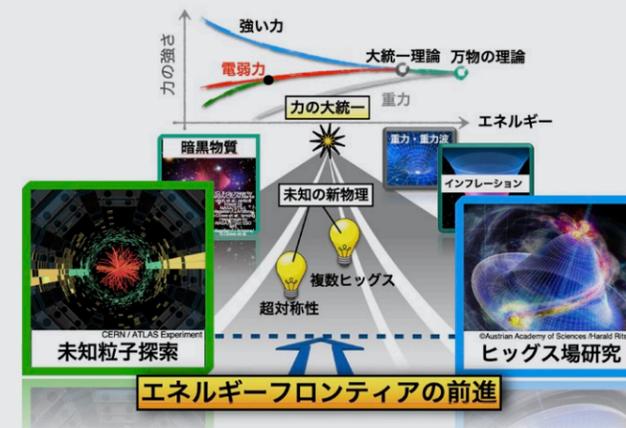
©Rey.Hori/KEK

宇宙の成り立ちを説明する「大統一理論」や「万物の理論」に近づきたい

物質は何からできているのか？ 誕生直後の宇宙はどんな世界だったか？ これらの問題に実験的に挑んできたのがエネルギーフロンティア実験です。2012年に

LHC実験がヒッグス粒子を発見したことで、宇宙に満たされたヒッグス場との反応によって素粒子の質量がもたらされることが明らかになりました。

一方で、ヒッグス場の性質に関しては謎が多く、その背後に「標準理論」を超える物理法則が潜んでいる可能性があります。また、宇宙には「暗黒物質」があることがわかっていますが、「標準理論」にはこの候補がありません。これらの「標準理論」では説明できない謎の解明に向け、ヒッグス粒子の性質を徹底的に調べ上げて新物理のエネルギースケールを探る、あるいは、超対称性粒子などの「標準理論」には存在しない新しい素粒子を探ることが重要です。これからのエネルギーフロンティア実験がこれらの研究を進め、電磁力、弱い力、強い力の3つを統一的理解する「大統一理論」、さらには、重力までも統一する「万物の理論」へと近づけます。



エネルギーフロンティアの前進

T2K・ハイパーカミオカンデ実験



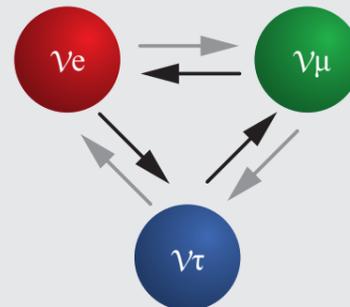
ニュートリノ振動で宇宙の物質・反物質の謎にせまる

J-PARCで作ったニュートリノビームを295km離れたスーパーカミオカンデで観測し「ニュートリノ振動」の性質を詳しく調べるのが長基線ニュートリノ振動実験(T2K実験)です。T2K実験は2013年、ミューニュートリノが電子ニュートリノに変化した決定的な証拠を得ることに世界で初めて成功しました。2014年以降は反ニュートリノビームを用いて研究し、宇宙創成の謎の解明を進めています。現在、2028年の観測開始を目指してハイパーカミオカンデの建設を行なっています。

互いに入れ替わる、3種類のニュートリノ

ニュートリノは、電氣的に中性で、最も軽いクォークや電子の100万分の1以下の質量しかもたない素粒子です。ニュートリノは他の物質とほとんど反応しないので、我々の身近にあっても感じることができません。太陽から放射されるニュートリノが、毎秒数百兆個も私たちの体をすり抜けています。ニュートリノには、電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノの3種類(世代)あることが知られています。この3世代あるニュートリノが飛んでいる

うちに互いに入れ替わることがわかっています。例えば、加速器で100%純粋なミューニュートリノを作っても、距離と共にある割合でタウニュートリノに変化し、さらに進むとまた元のミューニュートリノにもどります。これを繰り返すので「ニュートリノ振動」といいます。これはニュートリノが質量をもち、世代間の混合がある場合に限り起きる現象です。T2K実験では3世代あるニュートリノの質量と混合の全貌の解明に迫ります。



ニュートリノ振動現象の模式
T2Kニュートリノ振動実験が発見を目指す3世代間図

ニュートリノでCP対称性の破れの解明へ

J-PARCで生成したニュートリノビーム

スーパーカミオカンデに到達したニュートリノ



ほぼ純粋なミューニュートリノビーム

大部分はタウニュートリノに変わる。ごく一部が電子ニュートリノに変わる。



ほぼ純粋な反ミューニュートリノビーム

大部分は反タウニュートリノに変わる。ごく一部が反電子ニュートリノに変わる。

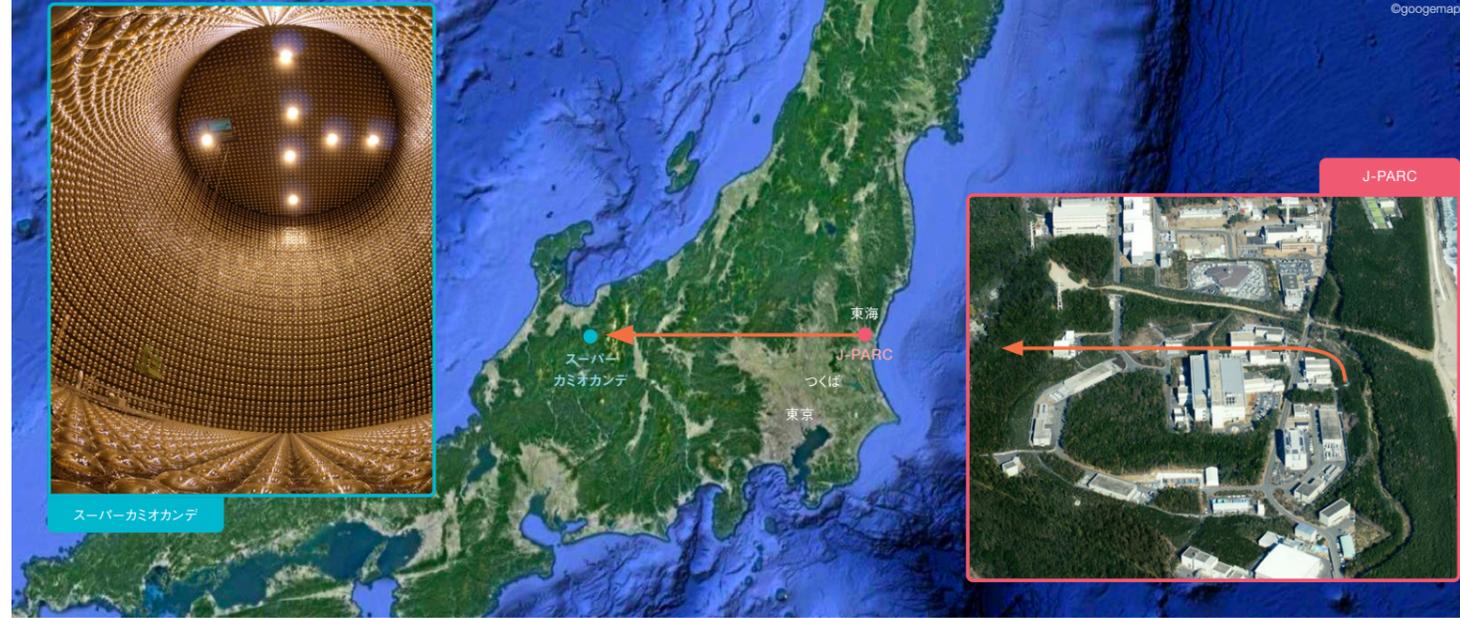
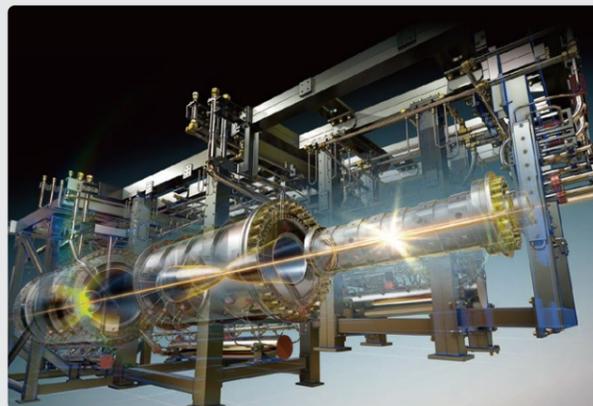
実験データ	予測される数 ※CP対称性の破れがない場合	検出された数
ニュートリノ	95.4	108
反ニュートリノ	19.7	16

これまでに明らかにしたミューニュートリノから電子ニュートリノへのニュートリノ振動の結果と比較して、ニュートリノと反ニュートリノで電子ニュートリノへの出現が同じ頻度では起きない、すなわちCP対称性の破れがあることを示唆する結果となりました。

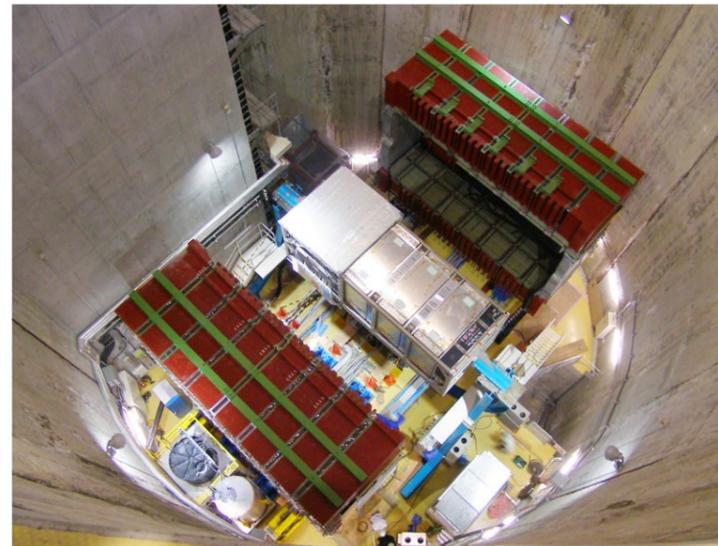
2016年、T2K実験グループは、ニュートリノと反ニュートリノの振動パターンにおいて、およそ90%の確からしさで違いがあることを示す結果を発表しました。CP対称性の破れは、クォークでは実証されていますが、宇宙の成り立ちを説明するにはいまだところ不十分です。そこで注目されているのがニュートリノです。T2K実験では、今後、ニュートリノを作る陽子ビームの強度をさらに増強し、データ量を数十倍に増やすことで、ニュートリノにおける「CP対称性の破れ」を99.7%以上の信頼度で検証することを目指します。

電磁ホーン

パルス電流で生じた強磁場により、パイ中間子を前方に収束させ、スーパーカミオカンデ方向へのニュートリノを増加させる装置。電流の方向を逆にする事で反ニュートリノビーム運転が可能。ハイパーカミオカンデ実験に向けて収束効率を向上し、ビームを増強しています。



日本列島をまたいで配置 ニュートリノ実験装置群



J-PARCニュートリノ実験施設で発生させた世界最高強度のニュートリノビームは約1ミリ秒後に295km離れた岐阜県飛騨市神岡町に到達し、スーパーカミオカンデで観測されます。J-PARC内の前置検出器では振動する前のニュートリノを観測しています。両方の観測結果を比較することにより、295km走る間にどのように振動が起きるのか研究をしています。T2K実験は2025年現在、15カ国と地域、から550名以上の研究者が参加する国際共同実験です。

前置ニュートリノ検出器

振動する前のニュートリノを測定する前置検出器は、ターゲットから下流280mにあり、深さ33.5m、直径17.5mの実験ホール内に設置されています。前置検出器は、ニュートリノビーム中心の安定性をモニターする「INGRID検出器」と、ニュートリノビームのエネルギー分布やビーム中の電子ニュートリノ成分の測定を行う「ND280検出器」の2つの検出器から構成されています。

スーパーカミオカンデからハイパーカミオカンデへ

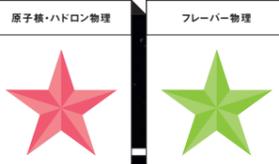
スーパーカミオカンデは、神岡鉱山の地下1000mにある、東京大学宇宙線研究所の巨大なニュートリノ観測装置です。1996年4月から観測を開始し、飛来するニュートリノの観測を続けています。装置は、直径39.3m、高さ41.4mの水槽に5万トンの純水をたくわえ、1,129本の光電子増倍管(光センサー)を装着、水中でニュートリノが稀に反応する際に発生する微弱なチェレンコフ光を検出することにより、ニュートリノの種類、飛来方向とエネルギーを決定できます。

CP対称性の破れや核子崩壊の探索感度を飛躍的に向上させるため、ハイパーカミオカンデを建設中です。スーパーカミオカンデの約8倍の有効質量を持ち、新開発の高感度光センサーを搭載し、J-PARCの増強されたニュートリノビームを検出する計画です。また、J-PARCから送るニュートリノを高精度で測定する新型水チェレンコフ検出器(IWCD)をKEK東海キャンパスに新たに建設します。



ハイパーカミオカンデ用に開発された光電子増倍管
提供：東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設

ハドロン実験施設での研究

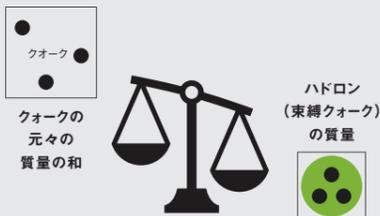
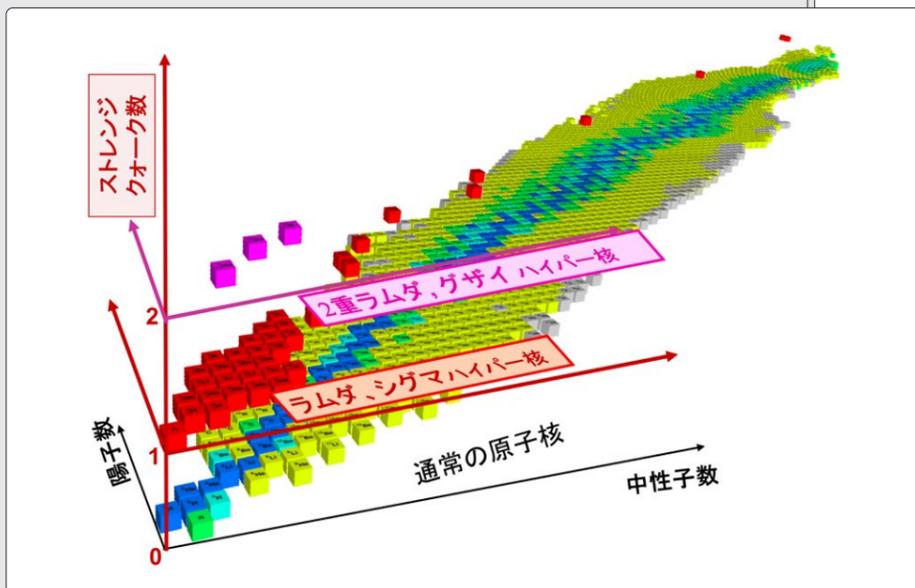


多彩なビームで探る宇宙・物質の起源

「ハドロン」とは、強い相互作用をしている粒子の総称です。ハドロン実験施設の研究では、物質を構成する究極の要素が何であるか、どのような力がそれらを結びつけているかといった、物質の成り立ちを極微のスケールで研究します。陽子・中性子以外の粒子を含む、通常にはない原子核を生成し、原子核をまとめている核力の研究をするほか、原子核素粒子物理学の多様な実験を行っています。

未知の物質世界へ——ハイパー核

地上の通常物質の原子核は核子（陽子や中性子）が結びついて構成されますが、ハドロン実験では、通常にはないストレンジクォークを含む原子核「ハイパー核」を作ることができます。原子核を構成する核子同士は引き合っているからこそ原子核としてまとまるのですが、核子同士を近づけると大きな反発力が生じます。その起源は未解明のままで、ハイパー核の性質を研究することで、近距離の核力が調べられると期待されています。また、中性子星は密度が太陽の 10^{14} 倍以上もある非常に重い星です。中性子星の最中心部には、ストレンジクォークを含む「ハイペロン」が存在するのかが議論になっています。ハイパー核やハイペロンの研究によって中性子星中心部の物質が明らかになるかもしれません。



なぜ重いほうが安定するのか？
【クォーク質量の謎】

標準理論を超えて

ストレンジクォークやミュオンを大量に生成するハドロン実験施設では、CP対称性を破る中性K中間子の稀な崩壊を探るKOTO実験やミュオンの稀な崩壊

ハドロン質量の不思議さの探究

ハドロンの中にはクォークが存在しますが、クォークの元々の質量の和とハドロン質量には、100倍もの差があります。それを説明するのが、南部陽一郎博士が提唱した理論「カイラル対称性の自発的破れ」です。この理論によると、宇宙初期のような

高温・高密度の環境であれば、周りの物質と相互作用することでクォーク対が少なくなり、質量が軽くなると予想されています。ハドロン実験施設では、原子核中でファイ中間子を作り、ファイ中間子の質量がどのように変化するかを検証します。

を探るCOMET実験など、標準理論では非常に稀にしか起こらない物理現象の探索を進めています。特定の過程の観測に焦点を当てて深掘りする実験設計を特

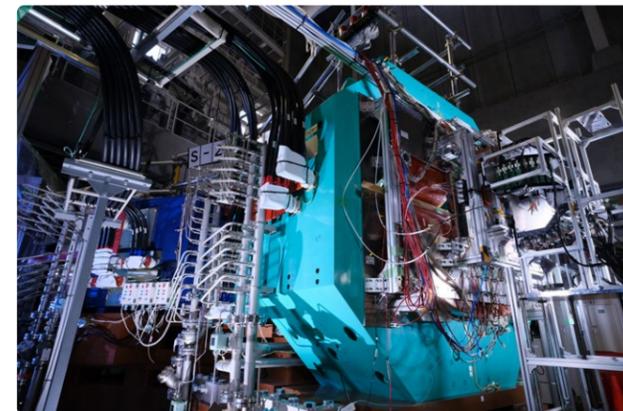
徴に、標準理論を超える物理の兆候を捉えようという素核研の多角的な研究の一翼を担っています。

ハドロン実験施設

ハドロン実験ホールとハドロン南実験棟

ハドロン実験ホールは、幅58m、長さ56mの建物で、加速器からの30GeV陽子ビームを導く一次陽子ビームライン、二次粒子生成標的、ビームダンプ、二次ビームライン、実験装置等が設置される、ハドロン実験施設の中心となる建物です。現在、一次陽子ビームラインのAラインには二次ビームラインとしてK1.8BR、K1.8、KLの3本のビームラインとそれぞれに実験エリアが

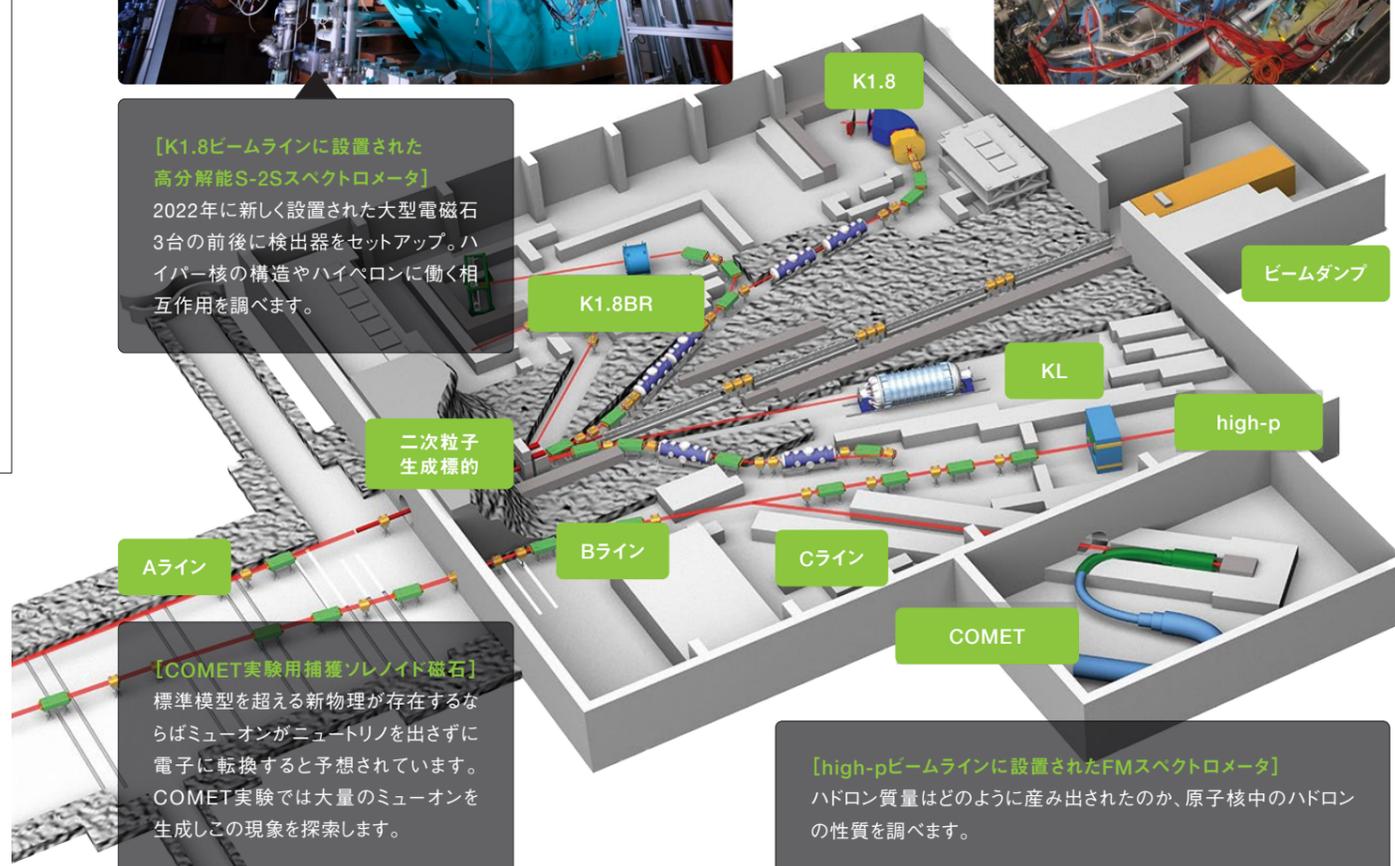
設置されています。ビームライン名称の「K」はK中間子を表しています。また、加速器からの陽子ビームのごく一部を切り出し輸送するBライン（high-pビームライン）では、一次陽子ビームを使用する実験が行われます。さらにCラインは、加速器からの8GeV陽子ビームをハドロン南実験棟に輸送し、ミュオン電子転換事象探索の実験（COMET実験）が行われます。



【KLラインに設置されたKOTO測定装置】
中性K中間子のCP対称性を破る崩壊モードを探ります。



【K1.8ビームラインに設置された高分解能S-2Sスペクトロメータ】
2022年に新しく設置された大型電磁石3台の前後に検出器をセットアップ。ハイパー核の構造やハイペロンに働く相互作用を調べます。

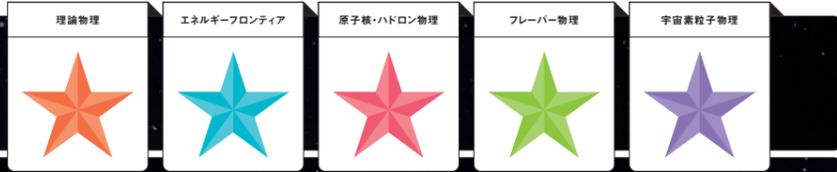


【COMET実験用捕獲ソレノイド磁石】
標準模型を超える新物理が存在するならばミュオンがニュートリノを出さずに電子に転換すると予想されています。COMET実験では大量のミュオンを生成しこの現象を探ります。

【high-pビームラインに設置されたFMスペクトロメータ】
ハドロン質量はどのように産み出されたのか、原子核中のハドロンの性質を調べます。



理論センター



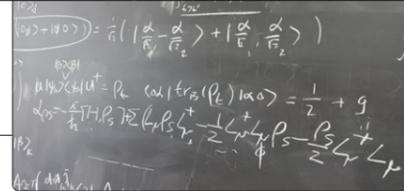
究極への探究

宇宙を支配する法則とは何か。宇宙はどのように始まったのか。素粒子原子核研究所で行われている多くの実験プロジェクトは、こうした疑問にせまる取り組みと言ってもよいでしょう。それらを支えているのが理論研究です。素粒子の法則はどうなっているのか。原子核の性質は？ ダークマターの正体は何か？ 空間とは、時間とは、そして量子とは何か？ 理論センターでは、実験データと数学と計算機、そして想像力を駆使して「究極」を探求しています。

理論研究の楽しさとは

素粒子や原子核のもつ複雑な性質や宇宙の歴史は、シンプルな1セットの数式を使って表すことができます。例えばアインシュタインの一般相対性理論は、空間と時間が満たすべき簡単な原理

から出発して作られた理論ですが、その数式を解くことで重力の法則や宇宙の法則など驚くほど多くのことを教えてくれます。小林・益川理論は素粒子が3つの世代を持てばCP対称性が自然



に破れることを示しました。簡単な原理から多くの結果が導かれる。だからこそ原理に迫りたい。それが理論研究の大目標です。

自然界の謎の解明に向けた、幅広い研究分野

素粒子物理における最大の課題は、現在の素粒子の標準理論を超える理論を確立すること。そのためまずは解決への糸口をさぐる必要があります。実験や観測を通じてどう検証すればいいのかが探ることが課題となります。自然界を形づくる原子核は陽子・中性子からできていますが、自然界にはそれら以外にも多く

のハドロンが存在します。加速器で作られるさまざまなハドロン物質から、超高密度が実現されている中性子星内部、超高温の宇宙初期まで、ときにはスパコンによるシミュレーションも駆使しながら、クォークが作る世界を研究しています。素粒子原子核と宇宙是不可分の研究対象で

す。宇宙観測でその存在が確実視されているダークマターは素粒子の標準理論に変更をせまる一方、素粒子の性質は銀河をこえる宇宙の構造に影響を与えます。そもそも宇宙はどうやって始まったのか。宇宙理論や超弦理論を調べることで、そんな途方もない疑問にすらすら科学的な答えが得られるかもしれません。

和光原子核科学センター



元素の起源を探る

埼玉県和光市の理化学研究所内にある、和光原子核科学センターでは、KEKが開発した国際的にユニークな原子核実験装置KISSを使って自然には安定に存在しない短寿命な原子核を人工的に作り出し、共同利用実験に供しています。和光原子核科学センターは、理化学研究所 仁科加速器科学センターと連携して、新同位体の発見や、宇宙における重い元素の起源の解明を目指しています。



KISSは、とりわけ金・白金やウランの起源となる短寿命の原子核の生成に適した装置です。新たに開発された多重反射型飛行時間測定式質量分光器 (MRTOF) を使って、元素の起源の解明を目指しています。MRTOF は超重元素で

あるニホニウム同位体の質量測定計画にも使われており、新元素の同定の基礎となるだけでなく、現在の超重元素より遥かに重く、長寿命な原子核が存在すると予測されている「安定の島」の発見にも貢献すると期待されています。

KISS装置に設置したMRTOF内部構造：短寿命核の質量測定だけでなく、環境汚染物質の分析への応用も可能

実験的宇宙物理研究(CMB)グループ



宇宙を実験室に、物理学の根本法則を探求する

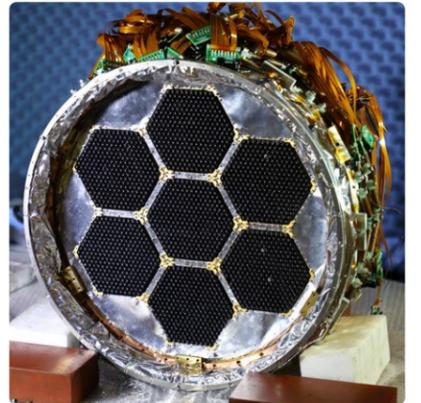
この宇宙は、138億年前に熱いビッグバン以前の急速な膨張「インフレーション」から始まったと考えられています。この決定的な証拠を探るために宇宙最古の光である宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の観測が行われています。CMBの中に特殊な偏光モード (Bモード偏光) が刻まれている事を観測できれば、それがインフレーションの証拠となり、科学史において最大級の発見となるのです。CMBグループでは、CMBのBモード偏光観測達成を目指し研究を行っています。



©Simons Observatory

地上観測実験：POLARBEAR/Simons Array/Simons Observatory

チリ・アタカマ砂漠において、CMB偏光観測実験を行っています。Bモード偏光の探索感度は搭載するセンサーの数に比例して向上するため、より多くのセンサーを効率的に搭載することが実験成功の鍵となります。CMBグループでは、国内外の共同機関と協力して、超伝導技術を用いた1万個以上の素子からなるセンサーアレイを搭載した望遠鏡を実現し、世界最高水準のCMB偏光観測を行っています。今後数年の観測データをもとに、主要なインフレーション宇宙論をくまなく検証することを目指しています。



(左) Simons Observatory 小口径望遠鏡
(右) Simons Array TESセンサーアレイ

ミュオン・中性子グループ

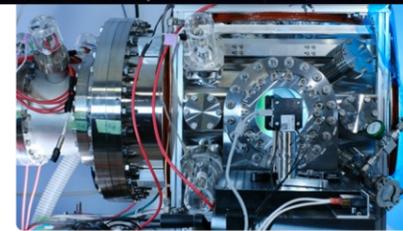


究極の精密測定で素粒子の新物理法則に迫る

量子力学には、不確定性の条件のもとで、さまざまな素粒子が一時的に現れて消える「量子ループ効果」があります。量子ループに現れる素粒子や相互作用には、標準理論に含まれない未知の物理法則も含まれます。この効果は異常磁気能率 (g-2) や電気双極子能率 (EDM) に直接現れます。ミュオン・中性子グループでは、これらを精密に測定することにより標準理論を超える未知の物理法則に迫る研究を行っています。

ミュオンg-2/EDM実験

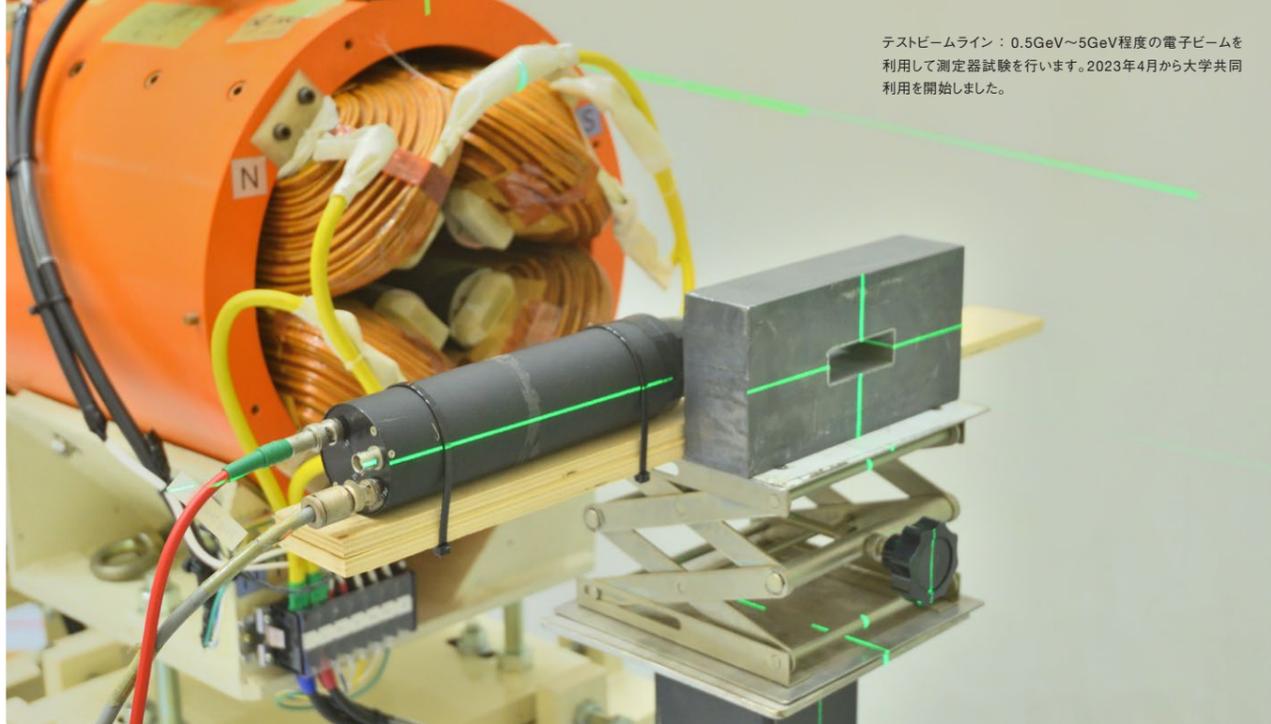
J-PARCでミュオンのg-2およびEDMの超精密測定を行う実験です。g-2は先行実験によって理論予想値からのずれが示唆されており、J-PARCでこれを検証します。世界初のミュオンの冷却・加速装置、従来と比べて20分の1の大きさの蓄積磁石を用いて、1千万分の1の精度でg-2を測定することを目指しています。



中性子EDM探索実験TUCAN

超冷中性子という非常にエネルギーの低い中性子を物質容器に閉じ込め、電磁場中でのスピン歳差運動を超精密に観測することによって中性子EDMを探索しています。カナダTRIUMF研究所に世界最大強度の超冷中性子源を建設し、先行実験と比べて10倍の測定感度で中性子EDMの発見を目指しています。

テストビームライン：0.5GeV～5GeV程度の電子ビームを利用して測定器試験を行います。2023年4月から大学共同利用を開始しました。

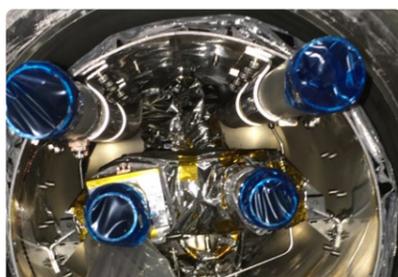


測定器開発センター

技術革新による未知の発見

測定器開発センターは、測定器開発テストビームラインの運用を目玉に、分野を超えた測定器開発の拠点として、あるいは研究者交流の場として、測定器技術開発を大学共同利用ユーザーと共に進めていくことを目的に創設されました。素粒子原子核分野に閉じることなく幅広い分野の研究者が交流することで新しい研究の芽を育て、若手研究者が自由な発想のもと活躍できる場になることを目指しています。

実験・研究をサポート



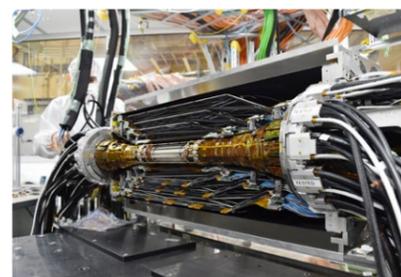
低温グループ

素粒子原子核物理学の分野で必要とされる超伝導・低温工学に関する装置の研究開発・建設・運転を行っています。



エレクトロニクスグループ

測定器開発に必要な、センサー、高集積高速信号処理、分散データ処理制御システムの開発・保守を行っています。



メカニカルエンジニアリング

研究に必要な検出器やテスト用装置、精密組立架台など、様々な構造物の設計、技術開発を行っています。



安全グループ

安全な研究環境の構築と安全意識の向上を推進しています。



コンピューティンググループ

素粒子実験に用いる計算機やソフトウェアの開発・改良・運用支援を行っています。

国際協力・人材育成

このような素粒子、原子核、宇宙の研究を進めるためには、世界中の研究者たちと連携し、それぞれに得意な技術を活かしながら協力し、あるいは競争しながら取り組む必要があります。素核研には以下の国や地域から研究者が定期的に来訪し、物理学の議論を深めたり、必要な作業を行ったりしています。素核研の研究者は、世界中の優れた研究者たちとの競争と協力を通じて、人類共通の財産となる新たな知を得るべく研究に取り組んでいます。また、将来の研究を担う優秀な人材を育てることに力を注いでいます。

欧州・アフリカ・中東

ARMENIA
AUSTRIA
BELGIUM
CZECHIA
DENMARK
FINLAND
FRANCE
GEORGIA
GERMANY
HUNGARY
ISRAEL
ITALY

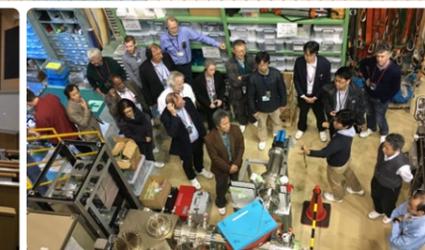
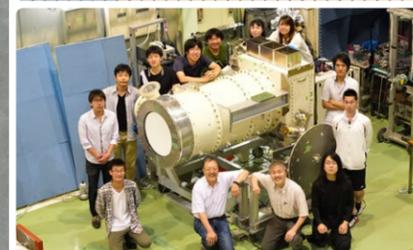
LEBANON
NETHERLANDS
POLAND
RUSSIA
SLOVENIA
SPAIN
SWEDEN
SWITZERLAND
TURKEY
U.K.
UKRAINE

アジア・オセアニア

AUSTRALIA
CHINA
HONG KONG
INDIA
INDONESIA
KOREA
MALAYSIA
PHILIPPINES
TAIWAN
THAILAND
VIET NAM

北米・中南米

CANADA
MEXICO
U.S.A.





高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所

茨城県つくば市大穂 1-1
<https://www2.kek.jp/ipns/ja/>

2025.7