

私たちは素粒子および原子核の相互作用における基本的な性質を明らかにすることを主眼として、原子核・ハドロンを対象に、主として「強い相互作用」の研究を行っています。「強い相互作用」はエネルギーによって全く違う様相をみせる豊穡な世界です。これをエネルギーにより、メソン・核子の自由度、又はクォーク・グルオンの自由度から理解すべく、新しい実験技術を開発しつつ挑戦を続けています。

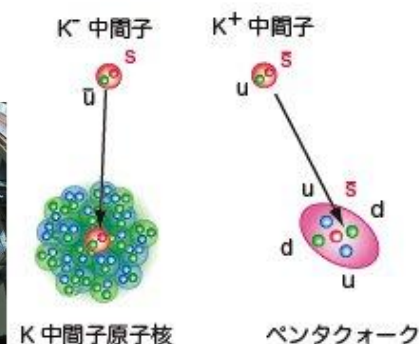
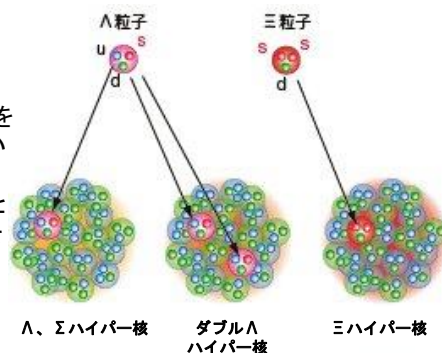
世界最高クラスの大強度陽子ビームを誇るJ-PARC、世界最高性能の放射光を用いることができるSPRing-8、世界最高分解能の検出器と最高品質のビームで核構造研究を行うRCNP、世界最大強度のRIBビームを生成できるRIBFなどの大型実験施設を用いて、多様なテーマを研究していることが原子核・ハドロン物理学研究室の特色です。またどれも大なり小なり実験装置の建設を伴っていますので、自分の作った装置で新しい実験をしたい人には最適です。以下各実験施設ごとの説明となります。

ストレンジネス物理・ハドロン物理

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

私たちは、通常自然界に存在しない**ストレンジクォーク**を含んだハドロンや原子核を主な研究対象としています。ストレンジネスをもった粒子というと **Λ (ラムダ, $S=-1$)** や **Ξ (グザイ, $S=-2$)** といったバリオン、また**K中間子**などのメソンがあります。私たちはこれらの粒子を原子核内に入れた、**ミハイパー核**、**ダブル Λ ハイパー核**、**K中間子原子核**などの新しい原子核や反ストレンジクォークを含むエキゾチックなハドロン Θ^+ の研究を行っています。これらの研究はバリオン間相互作用などクォークレベルから物質を理解する手がかりになると考えています。また、ストレンジクォークと反ストレンジクォークで構成される ϕ 中間子($S\bar{S}$)を使って、**ハドロン質量の起源**に迫る研究もまもなく始まります。

そのために、茨城県東海村にある世界最高峰の大強度ビームを有する加速器実験施設**J-PARC**のハドロン実験施設で、世界最高レベルの強度の**K中間子ビーム**や **π 中間子ビーム**を用いて実験を行っています。



LEPS (Laser Electron Photon Experiment at SPring-8)

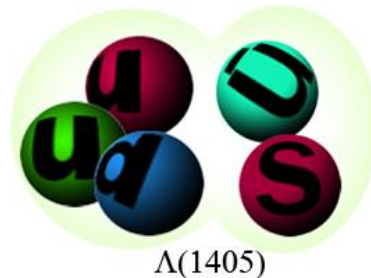
LEPSグループは兵庫県西播磨にある世界最高性能の高輝度放射光施設**SPring-8**で、光子ビームによるハドロン生成実験を行っています。蓄積リング中のエネルギー**8 GeV**の電子に4 eV程度の紫外レーザーを照射することにより得られる、最大エネルギー**3 GeV**の**逆コンプトン線**を利用しています。

2003年に私たちのグループが発見した**5クォーク状態 (ペンタクォーク)**候補の Θ^+ の存否の研究やメソン・バリオン分子状態候補である **$\Lambda(1405)$** の内部構造の研究、 **ϕ 中間子**の光生成による研究が主に行われており、さらに **ω** 、 **ϕ** 、 **η' 中間子**などを原子核物質中に生成し、その性質の変化を調べる研究も行われようとしています。

さらに、光子ビームの輝度を10倍向上させた新しいビームライン、**LEPS2**で用いられる検出器の開発を当研究室の学生を中心に進めています。



ペンタクォーク (Θ)



$\Lambda(1405)$

GSI (重イオン研究所) and FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research)

η' 中間子は他の類似の中間子と比べて非常に大きな質量を持ちますが、量子色力学における軸性量子異常に起因していると理論的に考えられています。それに関連して、有限温度もしくは有限密度中に η' 中間子を置くと、質量が大幅に減少するという興味深い理論予想があります。この現象が本当に起こるのかを調べるため、有限密度を持つ原子核に η' 中間子を埋め込む実験をドイツ・重イオン研究所 (GSI) で行う予定です。具体的には、大強度の陽子ビームを炭素標的に照射した時に出てくる重陽子の運動量をスペクトロメータで精密に測定します。日本・ドイツ・オーストリアの研究者が実験に参加しています。最初の実験が2014年7月に行われることになっています。

また、現在隣接して建設中の FAIR (反陽子・イオン研究施設) においても実験のアップグレードを計画しており、それに向けた準備を開始しています。



GSI

原子核物理

RCNP (Research Center for Nuclear Physics)

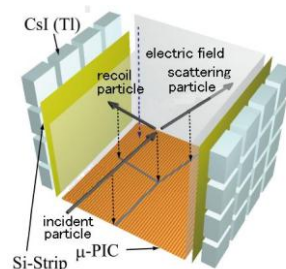
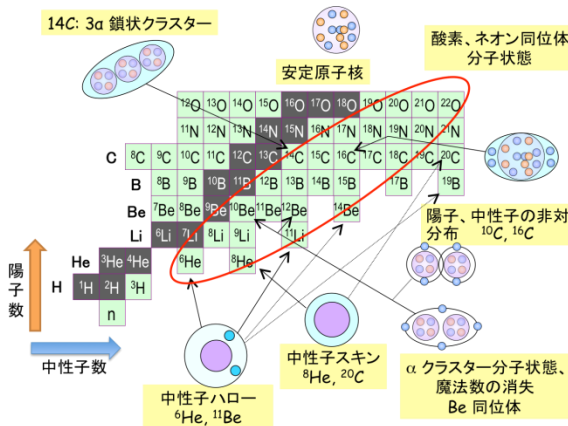
原子核は物質を構成する基本要素であり、陽子と中性子 (核子) からできています。核子はクォークから構成されており、クォーク間や核子間に働く強い力は量子色力学による説明が進んでいますが、これらの相互作用に基づいてどのように原子核が構成されるかはよくわかっていません。私たちは様々な原子核の構造を調べることで、有限量子多体系である原子核のダイナミクスの解明を目指しています。

また、世界中で建設が進められている次世代加速器で調べることが可能な不安定核 (自然界に存在する原子核に比べて陽子数や中性子数が過剰な原子核) では、ハロー構造、スキン構造、魔法数の消失と新たな魔法数の出現、ビッグミー共鳴など、これまでの原子核に見られなかった非常にユニークな核構造が現れることがわかってきています。

大阪大学核物理研究センター (RCNP) ではリングサイクロトロンからの世界最高品質ビームと高分解能スペクトロメータ Grand Raiden を用いた散乱実験を行い、様々な原子核の共鳴状態の精密測定やクラスター凝縮状態の探索などを行っています。また、不安定核実験を実現するための新しい検出器 (Active Target) の開発も行っています。



Grand Raiden



Active Target

不安定原子核におけるエキゾチック構造

RIBF (RI Beam Factory)

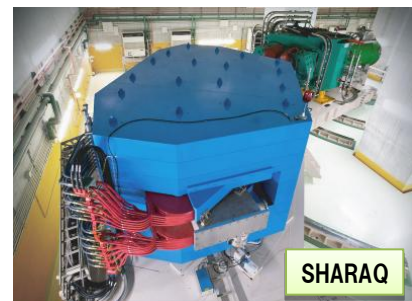
私たちは中性子星の基本的性質に関係した原子核物質の状態方程式の解明を目指しています。そのためには核子あたり数百 MeV の重イオン衝突から発生する荷電パイオンがいいプローブであると考えています。そして状態方程式の決定には N/Z 比の大きな原子核による実験が有効であるため、理化学研究所の RIBF での不安定核ビームを用いた "SAMURAI-TPC" 実験を計画しています。この実験では、大立核多重粒子磁気スペクトロメータ SAMURAI、3 次元飛跡検出器 TPC、中性子検出器 NEBULA を組み合わせることで、重イオン衝突から生じた多数の粒子を同時に検出し、状態方程式の手がかりを得ることを目標にしています。本実験は、8カ国、43人のグループからなる国際共同研究であり、京都グループはその中心で活躍しています。

また、2009年3月に完成したばかりの SHARAQ (Spectroscopy with High-resolution Analyzer and RadioActive Quantum beams) 磁気分析装置を使った高分解能測定にも取り組んでいます。SHARAQ では、分散整合と呼ばれる技術を駆使することで、大きなエネルギー拡がりをもつ不安定核ビーム実験においても高いエネルギー分解能を達成できるように設計されています。不安定核ビームをプローブとして用いることで、これまでの安定核ビームでは発見することのできなかった原子核における未知の励起モードを発見できると期待されています。

更に、今年度より RIBF での実験を開始した ESPRI グループでは、陽子弾性散乱を用いて不安定核の核子密度分布を測定することにより、核子多体系での核子間相互作用を記述することを目的として活動しています。また、そのための固体水素標的や検出器の開発も行っています。



SAMURAI Exp.



SHARAQ

その他、米国立ブルックヘブン研究所で稼働している RHIC 加速器を用いた実験グループとの連携も行っています。多くの連携施設があり、見学を通じて実験を行う施設を自分で選択できるのが当研究室の利点の一つです。