

私たちは原子核・ハドロンを通じて素粒子及び原子核の相互作用、特に「強い相互作用」の基本的な性質の研究を行なっています。

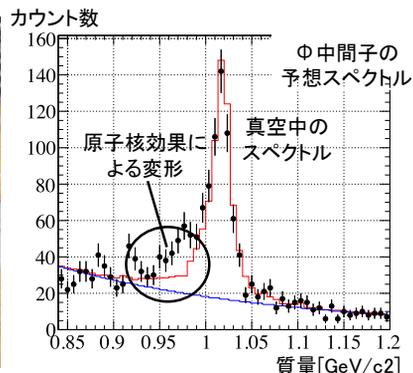
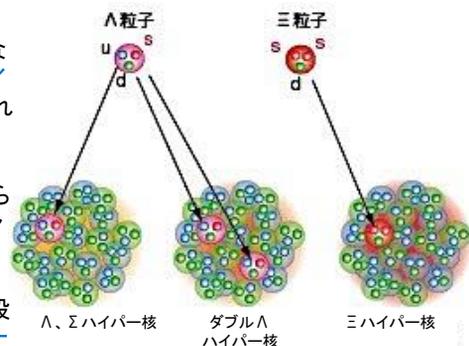
世界最高クラスの大強度陽子ビームを誇るJ-PARC、世界最高性能の放射光を用いることができるSPring-8、世界最高分解能の検出器と最高品質のビームで核構造研究を行うRCNP、世界最大強度のRIビームを生成できるRIBFなどの大型実験施設を用いて、多様なテーマを研究していることが原子核・ハドロン物理学研究室の特色です。またどれも大なり小なり実験装置の建設を伴っていますので、自分の作った装置で新しい実験を行いたい人には最適です。以下、各実験施設ごとの説明となります。

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。ストレンジネスを持った粒子という 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($s\bar{u}$ など)のようなメソンがあります。私たちはこれらの粒子を原子核内に入れた、 Ξ 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の研究を行なっています。またエキゾチックなハドロンが現れうる、 Λ や Ξ の励起状態も研究対象です。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られています。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た実験を行なっています。



LEPS(Laser Electron Photon Experiment at SPring-8) & LEPS2, RCNP

LEPSグループは高輝度放射光施設 SPring-8 において、高品質な光子ビームを用いた光生成反応の測定から、ハドロン物理の研究を行なっています。蓄積リング中を 8 GeV のエネルギーで加速する電子に、紫外レーザーを照射し逆コンプトン散乱を起こすことで、最大エネルギー 3 GeV の γ ビームを生み出すことができます。

主な研究対象は2003年に私たちのグループが発見したペンタクォーク候補の Θ^+ 粒子、メソン・バリオン分子状態と予想される $\Lambda(1405)$ の内部構造です。多様な反応を観測可能な実験であるため、これらに限らず多くの物理にアクセスできることも、このLEPS実験の魅力です。

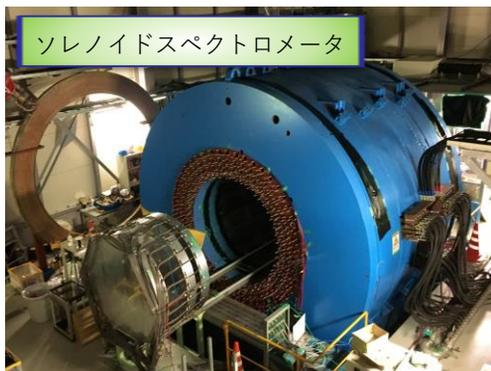
2014年度からは新しいビームラインで LEPS2 実験の準備が始まりました。現在私たちは、この実験の大きな特徴である LEPS2 ソレノイドスペクトロメータの開発を着々と進めています。



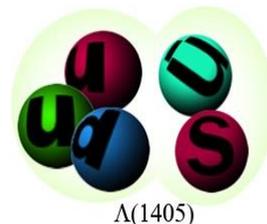
ペンタクォーク (Θ)



SPring-8 in 兵庫県西播磨



ソレノイドスペクトロメータ

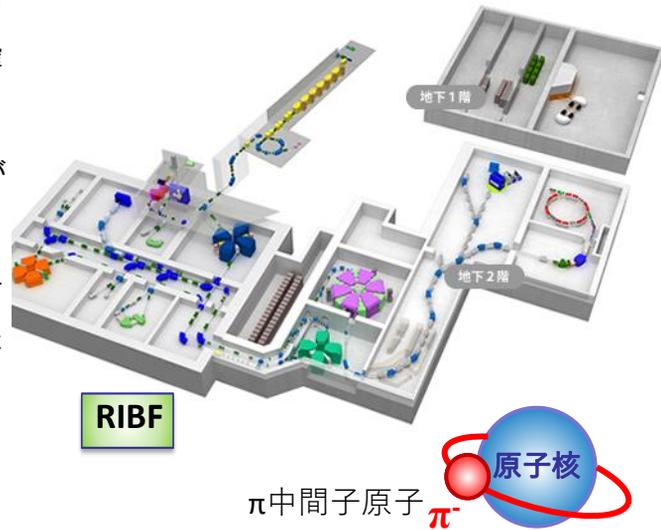


$\Lambda(1405)$

RIBF(RI Beam Factory) / RCNP(Research Center for Nuclear Physics)

中間子と原子核の多体系の研究の中で最も歴史が古く、また最も確立している系は、負 π 中間子が原子核の周りを回る π 中間子原子です。電子と比べて π 中間子は270倍近く重いため、 π 中間子の軌道半径は原子核半径と同程度にまで小さくなります。そのおかげで、 π 中間子と原子核の間に働く強い相互作用に関する情報を引き出すことが可能となります。

私たちは主に理研RIBFと大阪大学核物理研究センター(RCNP)で π 中間子原子の生成・観測実験を行っています。RIBFでは、大強度の重陽子ビームを用いて π 中間子原子の生成を行います。それにより高統計でデータを取得し、さらにBigRIPSスペクトロメータと組み合わせることで、非常に高い精度で π 中間子原子の束縛エネルギーを測定することが可能です。また、RCNPでは、ガス標的を使用できるという特色を活かし、RIBFでの実験とは異なる核種に π 中間子を束縛させることで、さらに多様な情報を引き出せる可能性を求めて研究を進めています。



原子核物理

RCNP(Research Center for Nuclear Physics), Osaka University

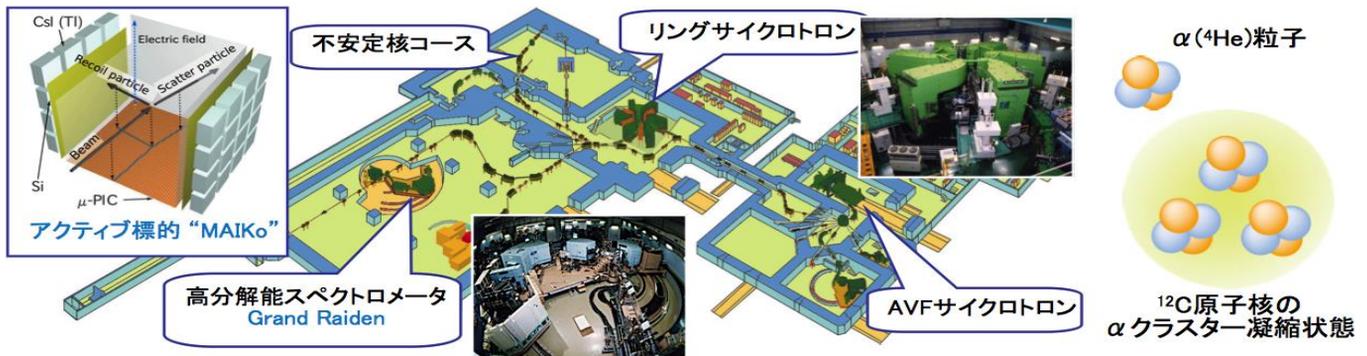
原子核は物質を構成する基本要素であり、陽子と中性子(核子)からできています。核子はクォークから構成されており、クォーク間や核子間に働く強い力は量子色力学による説明が進んでいますが、これらの相互作用に基づいてどのように原子核が構成されるかはよくわかっていません。私たちは様々な原子核の構造を調べることで、有限量子多体系である原子核のダイナミクスの解明を目指しています。

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、ピグミー共鳴など、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tron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、宇宙核物理の観点から、宇宙での元素合成で重要となる様々な天体核反応にアプローチしています。例えば、高温条件下での ^{12}C 原子核の生成に寄与する ^{12}C の高励起状態の稀 γ 崩壊確率の測定を目指しており、確率 10^{-7} 以下のレアイベントに迫るための0.5mm厚の薄型固体水素標的や新しい結晶GAGG($\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$)を用いた反跳陽子検出器の開発を進めています。

更に、不安定核実験を実現するための新しい検出器(アクティブ標的)の開発も行っています。アクティブ標的では、粒子の飛跡を3次元的に捉えることが可能なTPC検出器を散乱の標的としても用います。これによってこれまで検出が困難であった低エネルギーの粒子も検出できるようになります。



RIKEN 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のビームによる重イオン衝突から発生する荷電 π 中間子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"実験が計画され、2016年初めに開始されました。この実験では、多種粒子測定装置SAMURAIスペクトロメータ、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としています。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。

更に、2013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。



その他、ドイツ重イオン研究所(GSI)の重イオンシンクロtron SIS18・不安定核分離器FRS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。