

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。

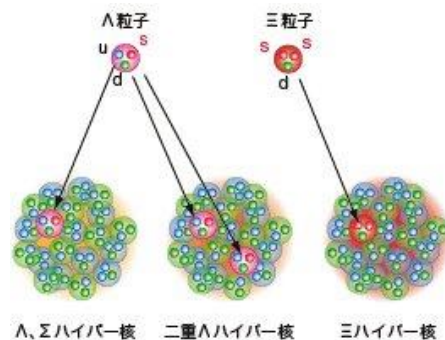
世界最高クラスの大強度陽子ビームを誇るJ-PARC、高エネルギー領域での偏極ビームを用いたコライダー実験が行えるRHIC、世界最高分解能の検出器と最高品質のビームで核構造研究を行うRCNP、世界最高性能の放射光を用いることができるSpring-8などの大型実験施設を用いて、多様なテーマを研究していることが原子核・ハドロン物理学研究室の特色です。またどれも大なり小なり実験装置の建設を伴っていますので、自分の作った装置で新しい実験をしたい人には最適です。以下各実験施設ごとの説明となります。

ストレンジネス物理・ハドロン物理

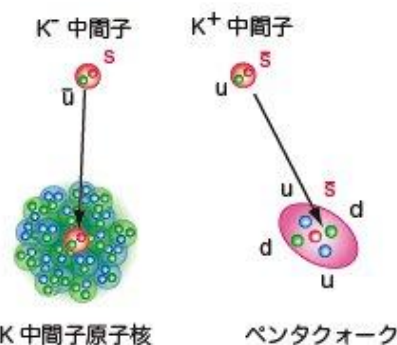
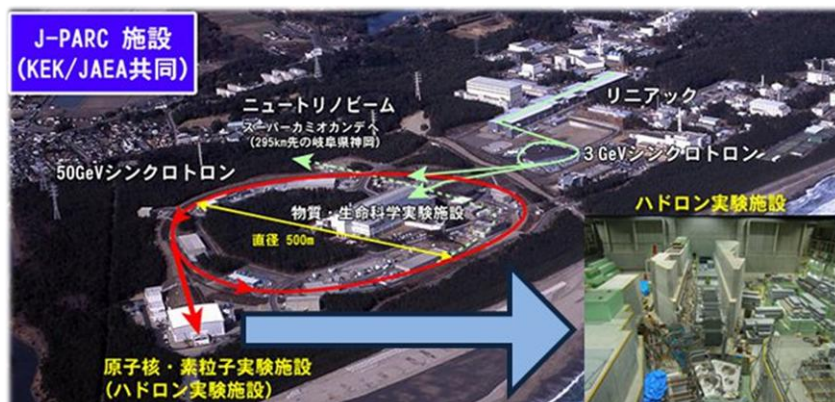
J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

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。これらの粒子を原子核内や原子軌道に入れた、三ハイパー核、ダブル Λ ハイパー核、三原子、K中間子原子核などを研究することで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。

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。



Λ, Σ ハイパー核 二重Λハイパー核 三ハイパー核



Spring-8 (Super Photon Ring-8 GeV)

私たち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、レーザー光子の逆コンプトン散乱を用いた光子生成によるハドロン実験を行っています。Spring-8では、エネルギー8 GeVの蓄積電子に紫外レーザーを照射し逆コンプトン散乱させることによって、3 GeVの高輝度光子ビームを得ることができます。

具体的には、2002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、輝度を10倍向上させた新しいビームラインを建設中であり、若い研究者の活躍が期待されています。



ペンタクォーク (Θ)

Λ(1405)

GSI

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異常という性質に起因していると理論的に考えられています。また、有限温度もしくは有限密度の場所では、 η' 中間子の質量が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、シンクロトロンで加速された大強度の陽子ビームを炭素標的に照射し、射出され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。

今年度中に予備測定を行い、来年度以降に本格的な実験を開始するべく、実験の準備を進めています。



GSI



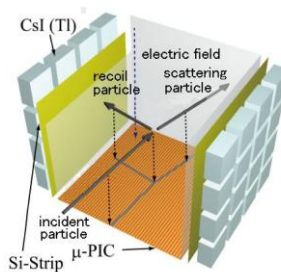
Grand Raiden

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。

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、安定核で培った実験技術を不安定核実験に応用するための新しい検出器 (Active Target) の開発も行っています。



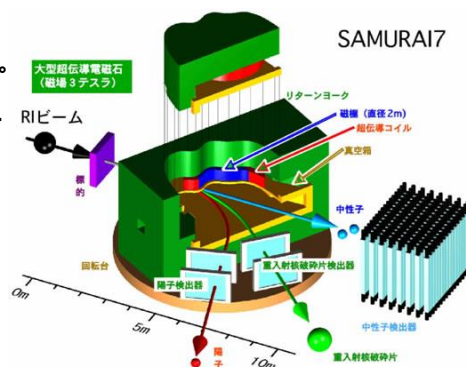
Active Target

RIBF (RI Beam Factory)

不安定核とは、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あり、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を示すことがわかってきています。

私たちは中性子星の基本的性質に関連した原子核物質の対称エネルギーに注目しており、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比がいいプローブであると考えています。そして対称エネルギーの決定にはN/Zの大きな核子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実験を計画しています。現在、大立体核多重粒子磁気分析装置SAMURAI-7 (Superconducting Analyzer for Multi Particles from Radio Isotope Beams with 7 Tm) が完成しており、SAMURAI-7と組み合わせるTime Projection Chamberを開発中です。

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。

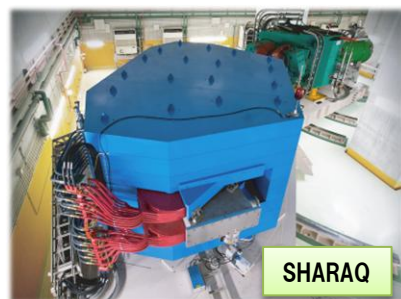


核子スピン物理

RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)

核子は大きさ1/2のスピンを持ちます。核子は繊細なスケール (<~ 0.02 fm) では多数のクォーク、反クォーク、グルーオンから構成される多体系として振る舞いますが、このうちクォークと反クォークのスピンのみでは核子スピンを説明できないことがわかっており、残りの部分は未だ謎となっております。

米国ブルックヘブン国立研究所で稼働しているRHIC加速器は最大重心系エネルギー500 GeVで偏極陽子を衝突させることが可能な実験施設です。私たちスピングループは、このRHICに建設されたPHENIXという巨大検出器で微視的スケールの核子スピン構造の研究を行っています。



SHARAQ



PHENIX