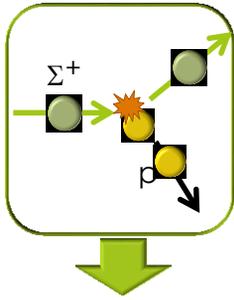


# A02班活動報告 (2016年度)

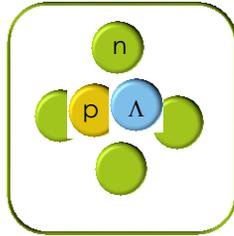
中性子星のinner core、特にその境界から少し内側の密度 $\rho \sim 2-3\rho_0$  ( $\rho_0$ は核密度)の領域では、中性子が主成分だがハイペロンが発生すると考えられている。この領域での中性子星核物質を理解するため、世界最高強度の陽子加速器施設J-PARCにおいて、ストレンジネス $S=-1$ のバリオン系の相互作用を4つの実験を通して調べる。

$\Sigma p$ 散乱実験  
(E40)



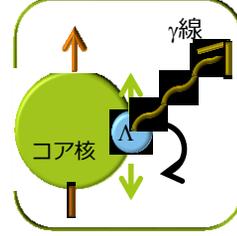
$\Sigma N$ 相互作用、特に  $\Sigma n$ 相互作用を決定。

中性子過剰  
 $\Lambda$ ハイパー核  
生成実験(E10)

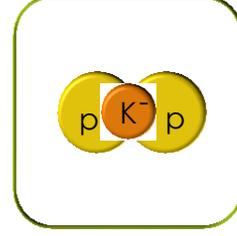


中性子過剰核内での $\Lambda N$ 相互作用、特に  $\Lambda N-\Sigma N$ 結合による $\Lambda NN$ 3体力を調べる。

$\Lambda$ ハイパー核  
 $\gamma$ 線分光実験(E13)



K中間子原子核  
K-pp探索実験(E15)



KN相互作用を確定する。

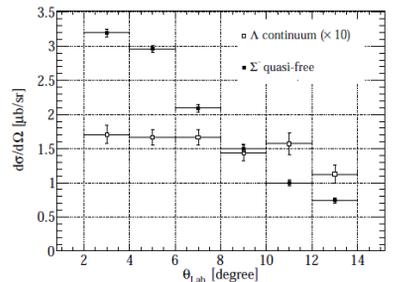
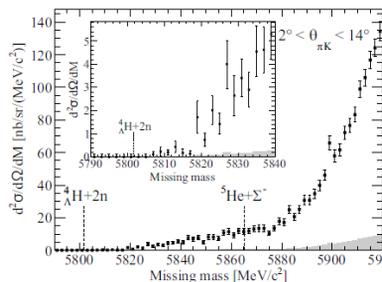
## 1年の活動のまとめ

中性子過剰 $\Lambda$ ハイパー核 ${}^6_{\Lambda}H$ の分光実験(J-PARC E10)の詳細解析が終了し、 ${}^6Li(\pi, K^+)$ 反応による ${}^6_{\Lambda}H$ の生成断面積の上限値としてより厳しい値0.56nb/srを得た。 $\Lambda$ ハイパー核 $\gamma$ 線分光実験(E13)について、2015年に取得した ${}^{19}_{\Lambda}F$ ハイパー核のデータ解析を進め、4本の $\gamma$ 線を同定して ${}^{19}_{\Lambda}F$ のレベルスキームを決定し、理論家と考察を進めた。Kpp原子核探索実験(E15)では、これまでに収集した高統計データの解析を進め、 $\Lambda p+n$ (missing)の解析で $\Lambda p$ のinvariant massでK-pp閾値の少し束縛側に明確なピークを観測した。 $\Sigma p$ 散乱実験(E40)では陽子検出器システムCATCHの実機と液体水素標的を完成させた。この検出器の性能テストを兼ねて、東北大学サイクロで80 MeV陽子ビームによるp+d散乱実験を行い、3体核力の情報をもつデータを取得した。

## 中性子過剰 $\Lambda$ ハイパー核の研究 (E10)

2013年に実施した中性子過剰 $\Lambda$ ハイパー核 ${}^6_{\Lambda}H$ の分光実験(J-PARC E10)のデータをより詳細に解析して、前回の解析に比べてバックグラウンドの軽減とイベント数の増加を達成した。その結果、下図左のようにやはり ${}^6_{\Lambda}H$ の束縛閾値以下にはイベントが観測されず、閾値の上にもピーク構造は観測されなかった。 ${}^6Li(\pi, K^+)$ 反応による ${}^6_{\Lambda}H$ 生成断面積の上限値として、2014年の発表値より2倍以上厳しい値0.56 nb/srを得た。また ${}^6Li(\pi, K^+)$

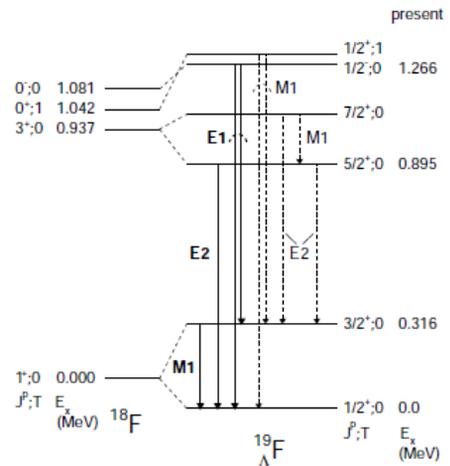
反応のmissing massの広い質量スペクトルを得たが、 $\Sigma$ 生成領域の事象の角分布は前方ピークをもっていたのに対し、 $\Lambda$ 生成領域の事象は角度に対してほぼフラットであった(右図右)。これは $\Lambda$ の生成機構を反映していると考えられる。



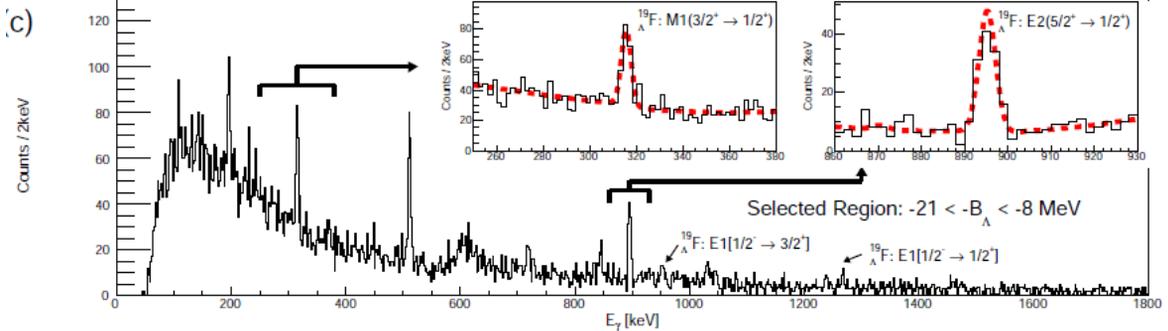
左:  ${}^6Li(\pi, K^+)$ 反応のmissing massスペクトル。 ${}^6_{\Lambda}H$ 核に対応するイベントは観測できなかった。右:  $\Sigma$ 生成領域と $\Lambda$ 生成領域(連続部分)の事象の角分布。

## $\Lambda$ ハイパー核 $\gamma$ 線分光実験 (E13)

2015年にデータ収集を行った $^{19}_{\Lambda}\text{F}$ ハイパー核のガンマ線分光データの解析がほぼ終了した。 $^{19}\text{F}(\text{K}, \pi^-)^{19}_{\Lambda}\text{F}$ 反応のmissing mass分布で $^{19}_{\Lambda}\text{F}$ の束縛状態に相当する質量のイベントを選んでガンマ線スペクトルを見ると、下図のように、4本のピークが観測された。これはsd殻ハイパー核からの初めてのガンマ線検出である。これらのガンマ線の収量や幅（ドップラーシフトの有無）の情報に理論計算も参考とすることで、右図のようなレベルスキームを決定した。これを理論予測と比較すると、特にこの基底状態二重項のエネルギー間隔(315 keV)は、Millenerによるp殻ハイパー核で得られた $\Lambda\text{N}$ 間有効相互作用のspin依存成分の強さをもとに計算した値とよく一致しており、また中間子交換モデルによる $\Lambda\text{N}$ 相互作用を用いた梅谷・元場による最新の殻モデル計算でも、このレベル間隔がよく説明できることが示された。これまでの $\Lambda\text{N}$ 相互作用の理解と核構造計算の信頼性の高さを示しており、原子核の質量数が大きくなっても相互作用や核構造に異常が現れないこともわかった。ハイパー核研究にとって大変重要な成果である。



本実験によって構築した $^{19}_{\Lambda}\text{F}$ ハイパー核のレベルスキーム。実線矢印が観測された $\gamma$ 遷移。



$^{19}_{\Lambda}\text{F}$ ハイパー核束縛状態の生成事象からの $\gamma$ 線エネルギースペクトル。4つの $^{19}_{\Lambda}\text{F}$ からの $\gamma$ 遷移を観測した。

## Kpp探索実験 (E15)

Kpp原子核探索実験(E15)では、2015年度までに収集した高統計データの解析を進めた。低統計のデータで既に行っていた、標的周りのCDSで $\Lambda$ とpを検出した事象について $^3\text{He}(\text{K}, \Lambda\text{p})$ 反応のmissing massが $n$ (中性子)となるものを選び、 $\Lambda\text{p}$ のinvariant massを調べるとい解析をしたところ、Kpp閾値の少し束縛側に明確なピークをもつ高統計のスペクトルが得られた。Kpp束縛状態と考えられるこのピーク事象の性質を調べるため、詳細な解析を行った。

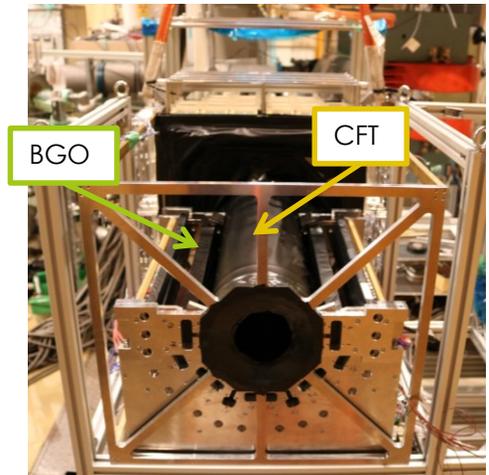
## $\Sigma p$ 散乱実験 (E40)

本年度はE40実験のために開発して来た検出器を完成させ、多くのテスト実験を通してその性能の最終確認を行なった。

KURAMAスペクトロメーターに新たにインストールする屈折率1.10のエアロゲルチェレンコフカウンタ(AC)の試作機および実機を製作し、東北大学電子光理学研究センター(ELPH)にて2度の実験を行ない、1 MHzのビーム環境下であっても97%の検出効率を保つことを確認した。また液体水素標的の製作を終え、無事、液化テストに成功した。

CATCHに関してはCFTとBGOカロリメーターを組み合わせたトータルシステムにすることが出来た。まずCFTの4つのそれぞれのフレーム構造を、1つずつ結合していき、8つのファイバー層からなる検出器として作り上げた。またCATCHの検出器フレームのデザイン、製作を行ない、CFTとBGOカロリメーターを一体の検出器群として組み合わせた。CFTの読出しにはおよそ80枚のVME-EASIROCボードを用いている。このCATCHシステムの総合的な性能評価実験のために東北大学サイクロトロン施設(CYRIC)にて80 MeVの陽子ビームを用いたppおよびpC散乱実験を行なった。さらにCATCHの大きな立体角を生かし物理データとして3体核力の情報を引き出すために、pd弾性散乱およびpd→ppnブレークアップ反応の測定実験を行なった。この実験はB02班(公募)関口准教授との共同研究として行い、実験デザインに貴重な意見を頂いた。

CATCHを用いた初めての実験であるため、解析をじっくりと進めているが、ppおよびpC散乱の同定に成功するところまで到達した。CATCHシステムは2018年度に $\Sigma p$ 散乱実験を行うべく、J-PARCに移設し、現在宇宙線を用いたコミッションングを行っている。



CATCH構築時の写真。BGOのフレームの中にCFTをインストールしたところ。更に上からBGOフレームをかぶせてCFT周囲をBGOが取り囲む。