

エキゾティック核物理グループ

教員： 関口仁子(准教授) 三木謙二郎(助教) 渡邊跡武(特任助教)

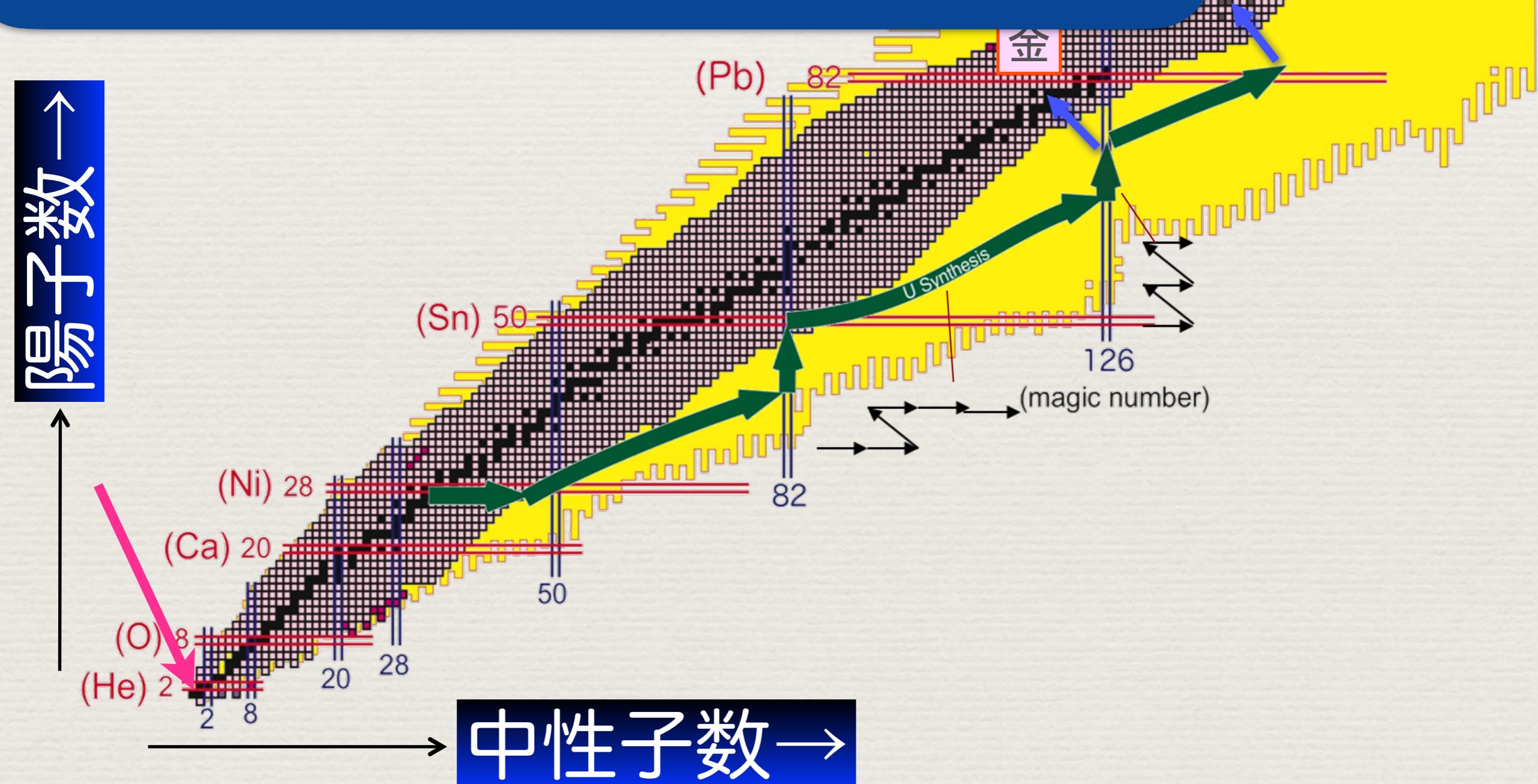
修士課程 4 名
4 年生 2 名



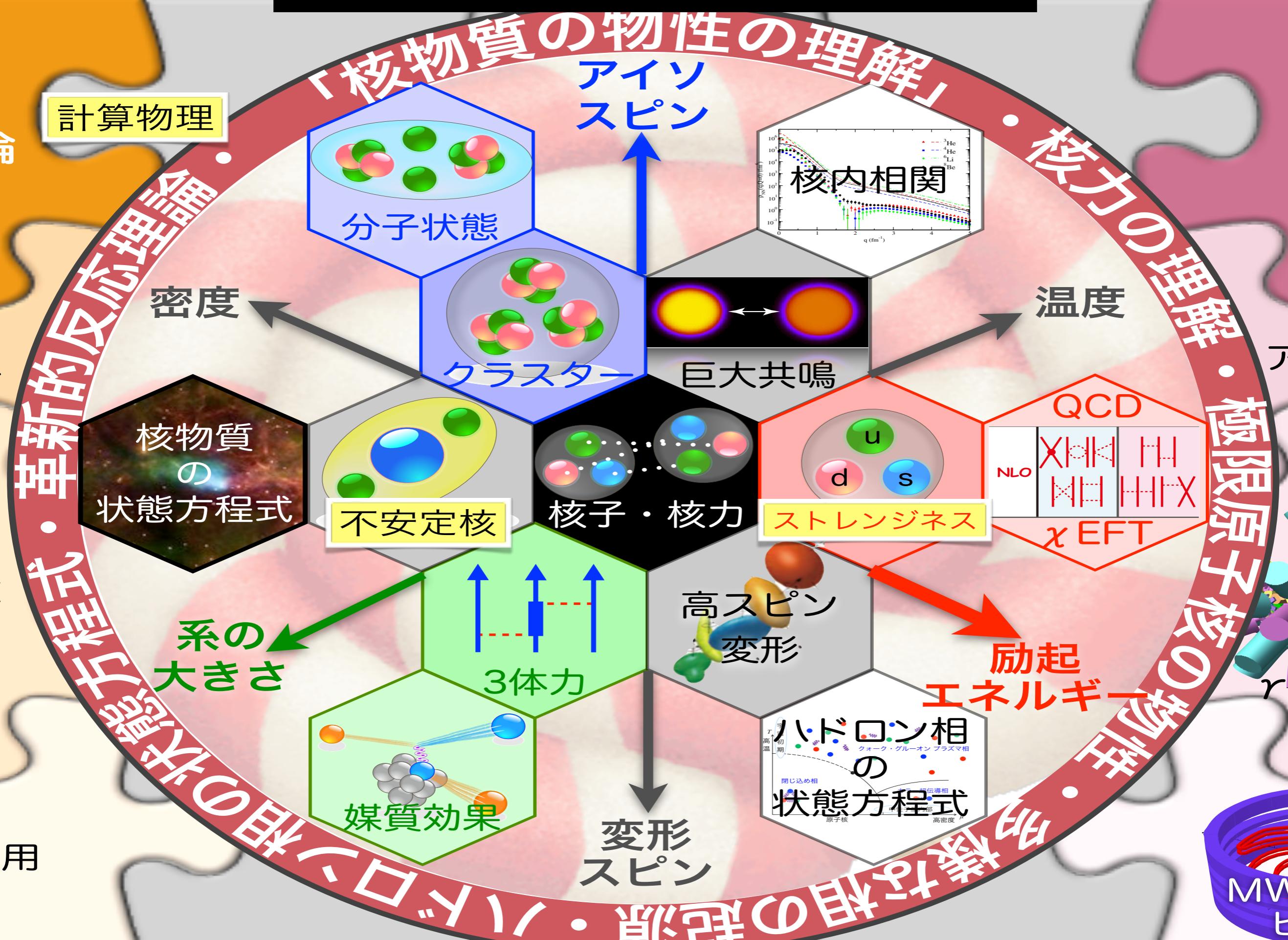
原子核物理学

期律表)

原子核の多様性（物性）を明らかにし、
宇宙に存在する物質の成り立ちを解明する学問。
クオーク多体系から核子多体系を研究対象とする。



原子核のイノベーション 6



不安定核(エキゾティック核)の研究

元素の起源を解明する

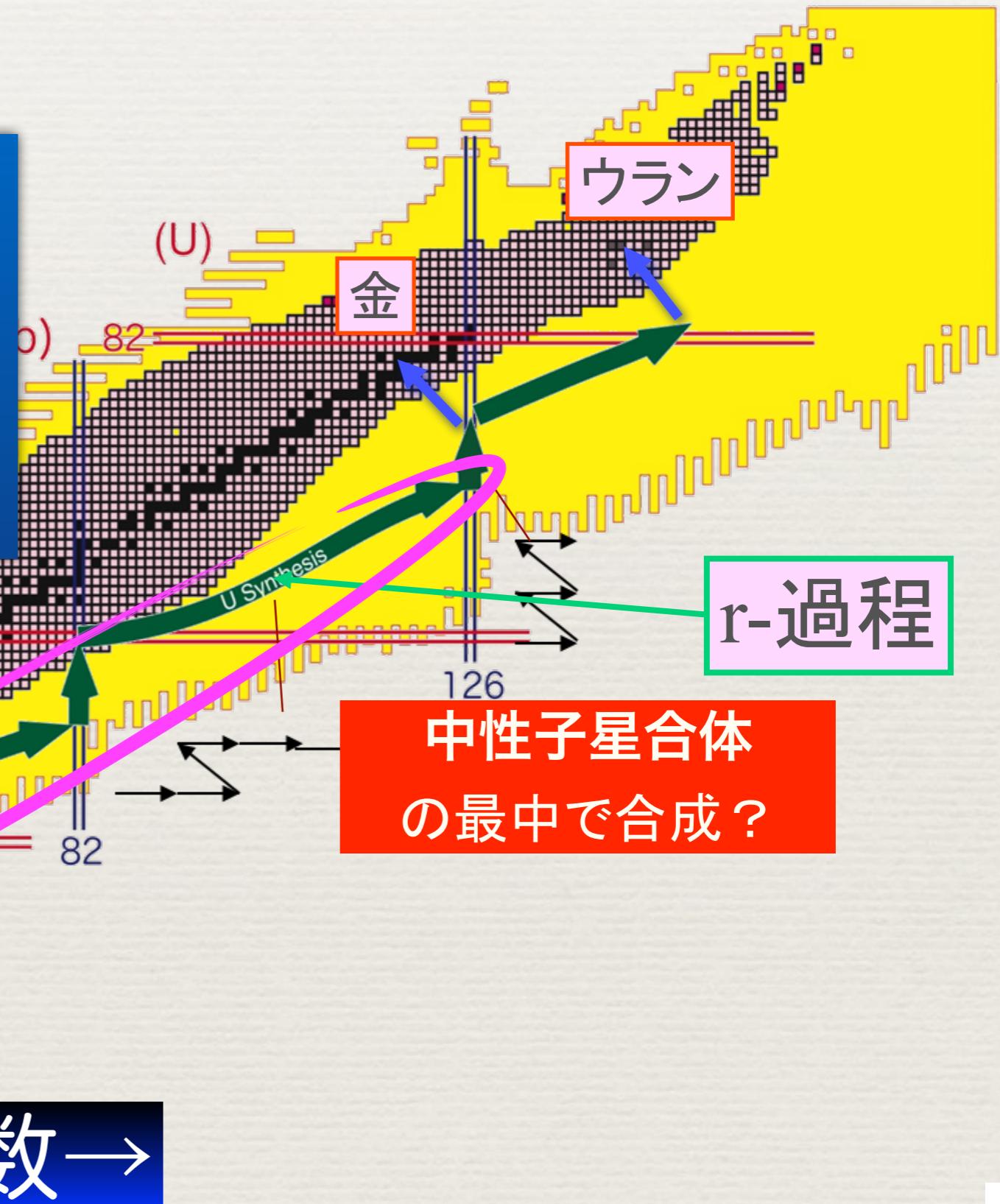
中性子過剰によって生じる
特異な性質の追求

- ・新しい魔法数
- ・中性子ハロー、中性子スキン
- ・柔らかい巨大共鳴 etc..
- ・中性子だけでできた原子核

↑
陽子数

↑

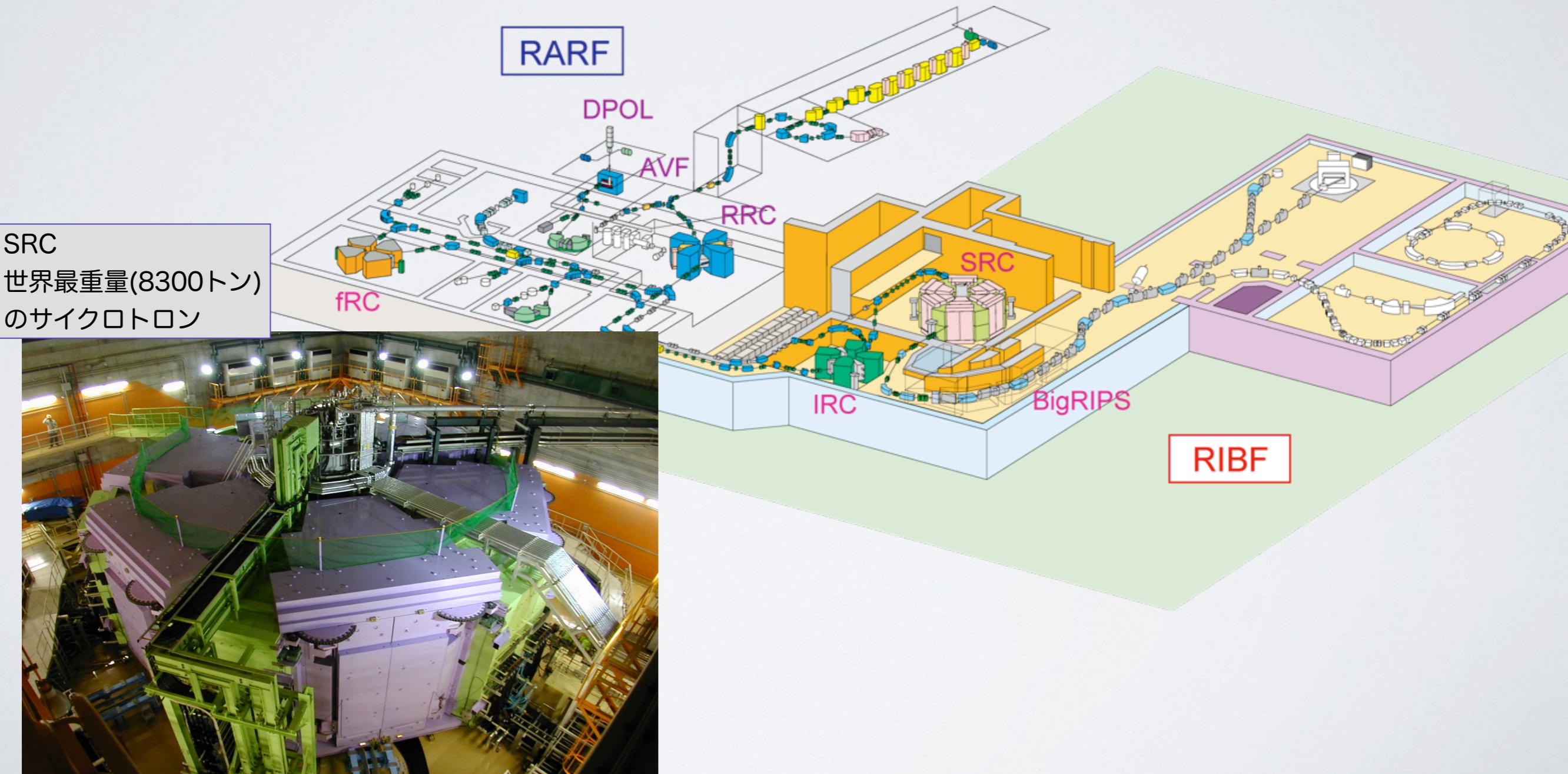
中性子数→



不安定核(エキゾティック核)の研究

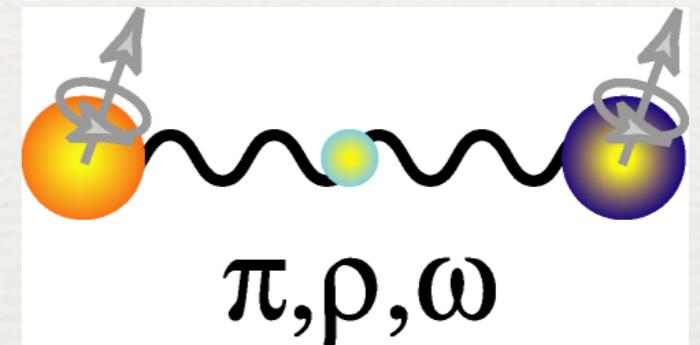
世界最大のサイクロトロン“理研RIビームファクリー”(RIBF)
で人工的に生成

“高速(光速70%)の不安定原子核”を実験室で再現



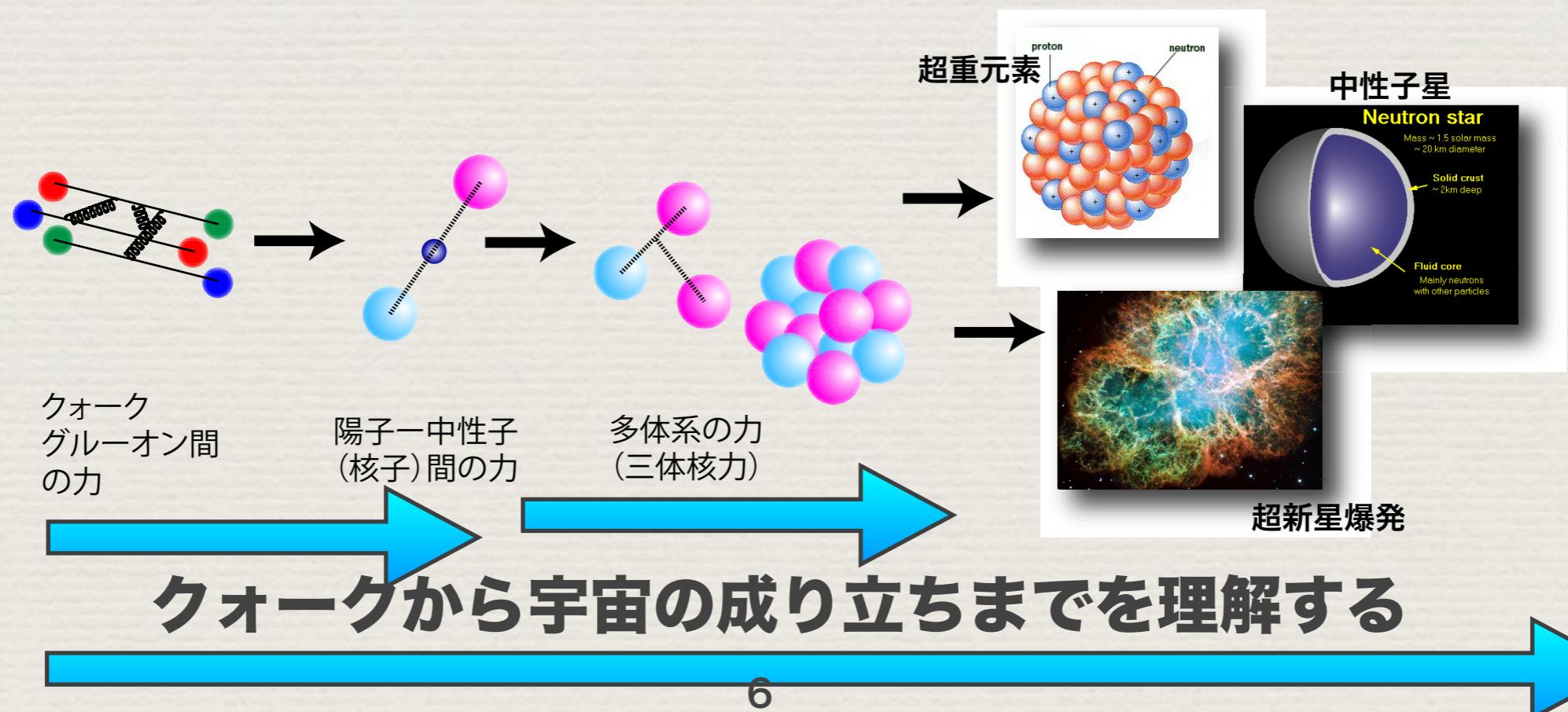
核力研究 ~核子ー原子核ー星を形成するチカラ~

- 湯川秀樹の中間子交換理論（1935年）



- 核力研究のフロンティア（21世紀）

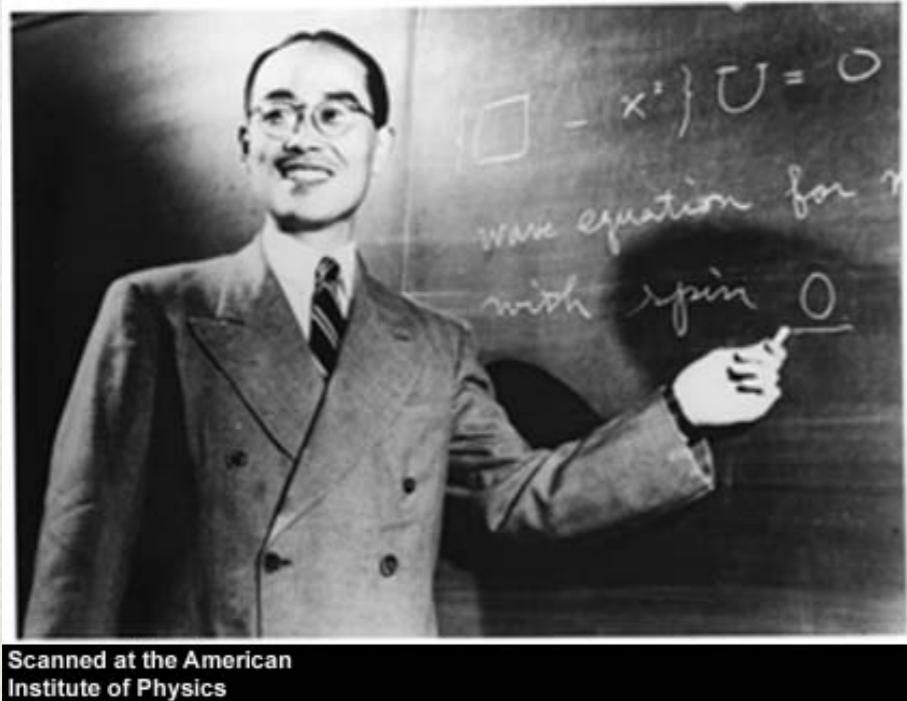
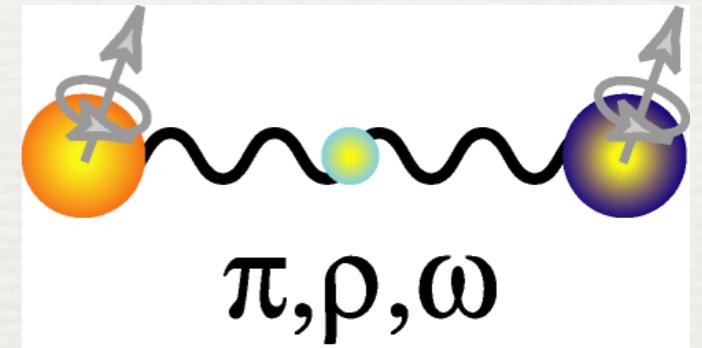
- クオーク（素粒子）から核力を理解する
- 多体系における核力を理解する：三体力



原子核の力 ~湯川秀樹のアイデア~

1935年 湯川の中間子交換理論

Proc. Phys. Math. Soc. Jpn 17, 48 (1935)

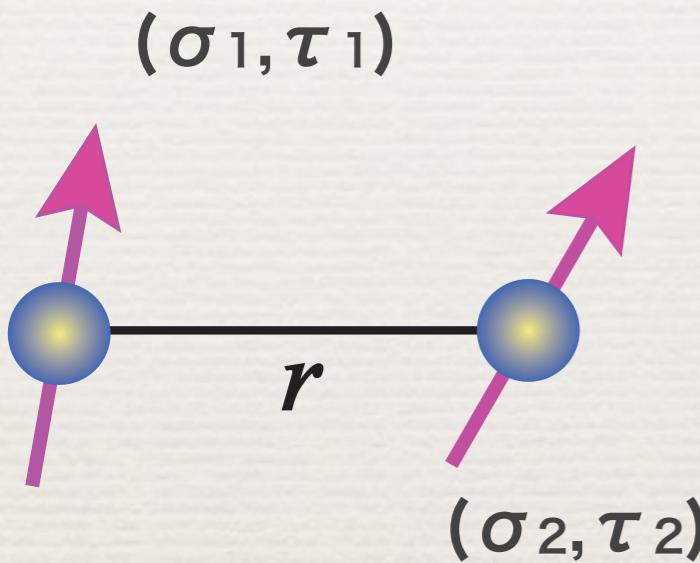


核力は陽子と中性子の間に
中間子(パイ中間子)という仮想的な粒子を交換する事によって生じる

近距離：強い斥力芯

中間距離：引力

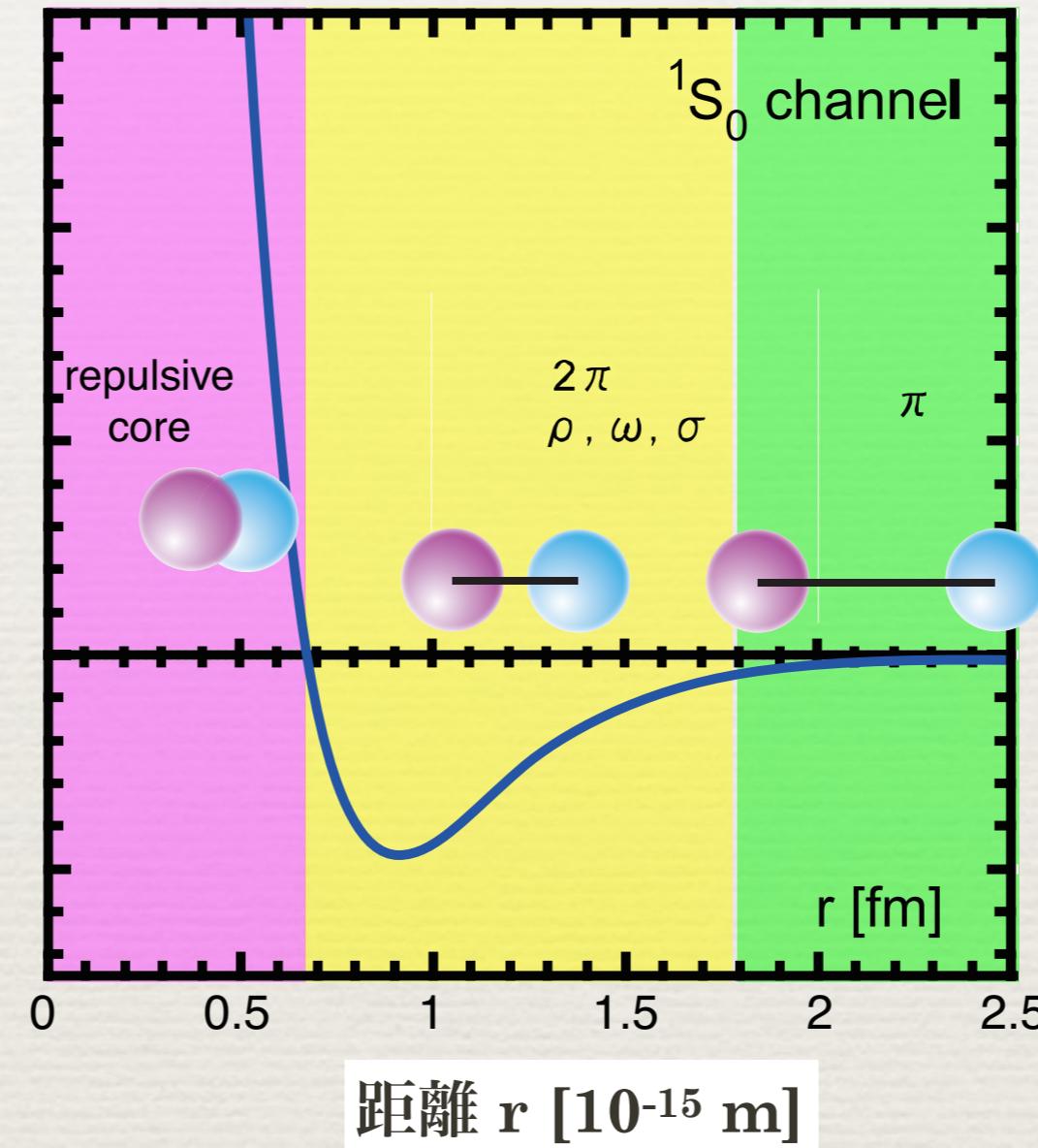
遠距離：弱い引力



σ : 核子のスピン

τ : 核子の荷電スピン

ボテンシャル $V [10^6 \text{ eV}]$

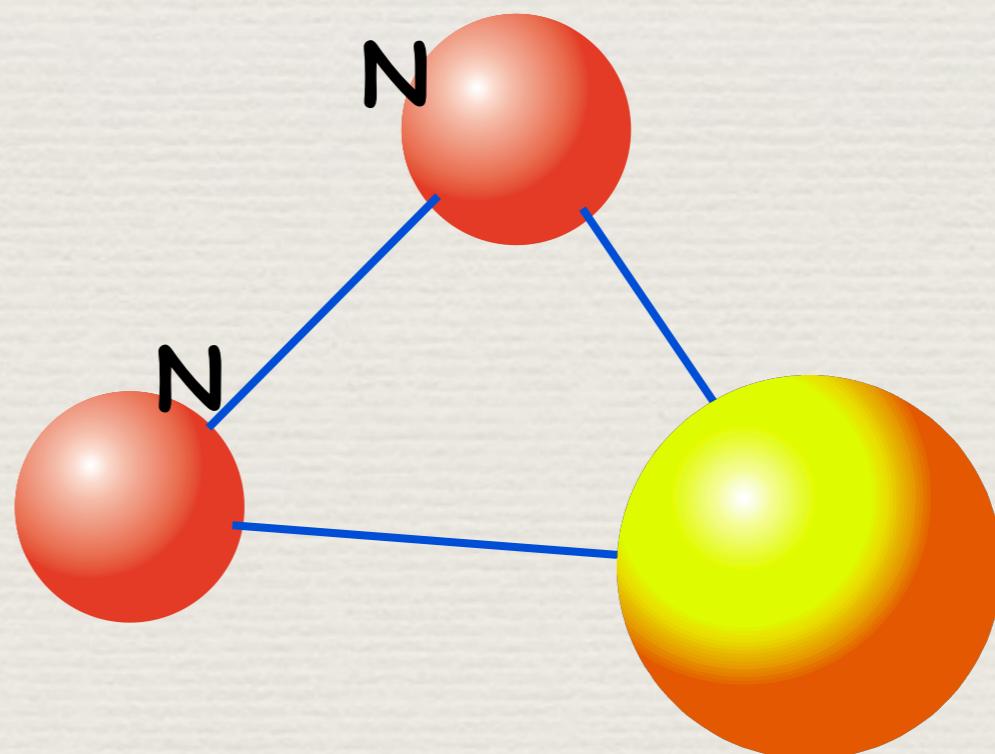
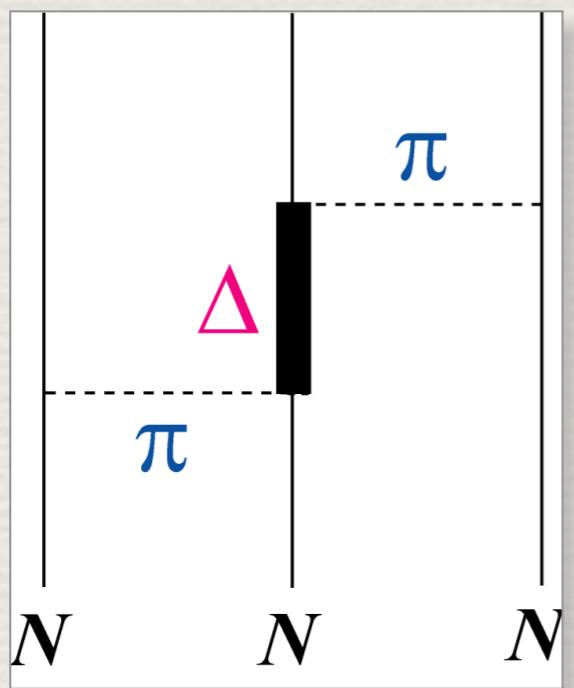


$$\begin{aligned}
 &= V_0(r) + V_\sigma(r) \sigma_1 \cdot \sigma_2 + V_\tau(r) \tau_1 \cdot \tau_2 + V_{\sigma\tau}(r) (\sigma_1 \cdot \sigma_2) (\tau_1 \cdot \tau_2) \\
 &\quad + V_T S_{12} + V_{T\tau} S_{12} \tau_1 \cdot \tau_2 + V_{LS} L \cdot S + V_{LS\tau} (L \cdot S) (\tau_1 \cdot \tau_2) + \dots
 \end{aligned}$$

核力は “中心力+スピン・荷電スピン力”

三) 体力(三体核力)とは

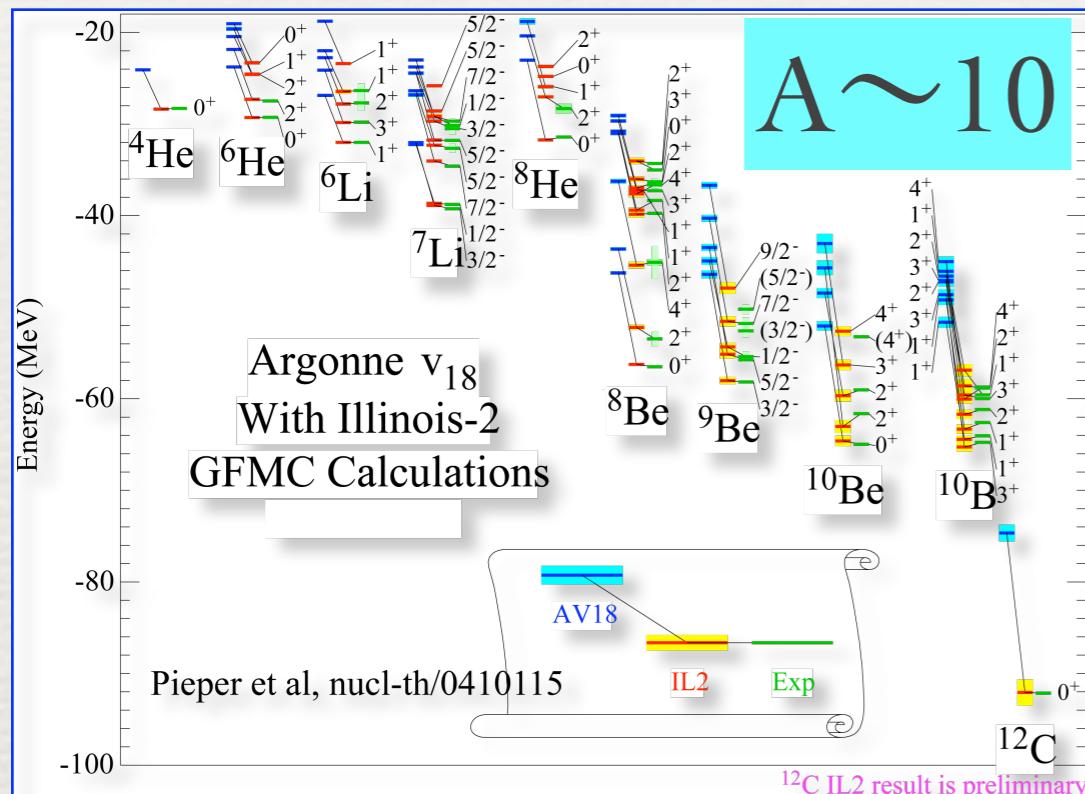
- ◆ 三つの核子が同時に相互作用する力は二体力の和で表す事は出来ない。その様な力を三体力（三体核力）と呼ぶ。
- ◆ 1957年に藤田純一・宮沢弘成が 2π 中間子交換型の三体力を予言。



Δ : excited state of nucleon

三) 体力は、そもそも必要なのか？

1. 原子核の束縛エネルギー



三体力の効果：10~25%

2. 原子核の存在限界 $A \sim 100$

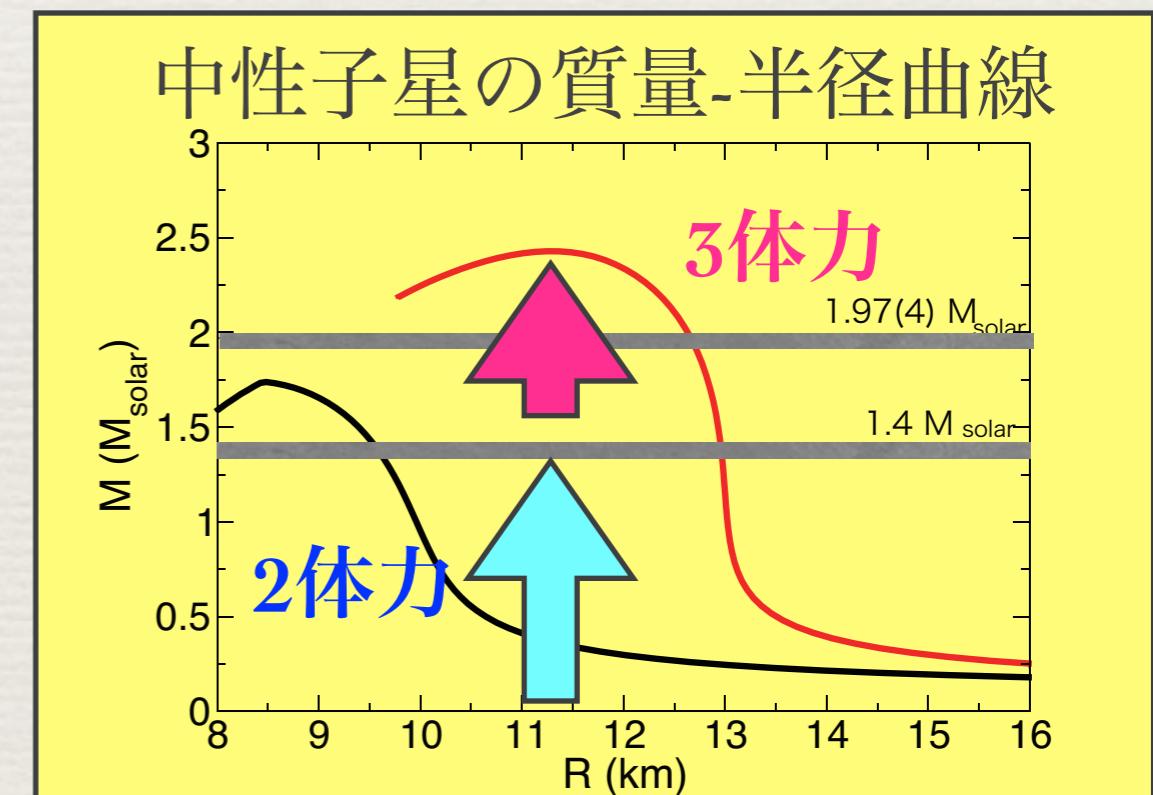
～元素合成過程の理解～

3. 中性子星 or ブラックホール？

～星の終焉～

$A = \infty$

中性子星の質量の上限値の理解には
三体力が必要



核力研究の最前線

三体力を含む核力で原子核・核物質を理解しなければならない。

核力研究の最前線

三体力を含む核力で原子核・核物質を理解しなければならない。

短距離(斥力)

中間距離(強い引力)

遠距離(弱い引力)

二核子系

0.5

ω, ρ

1.0

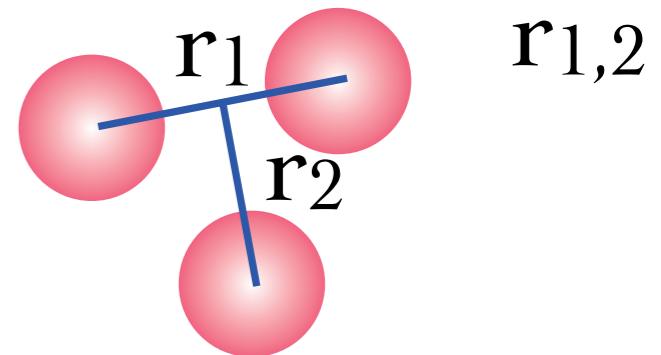
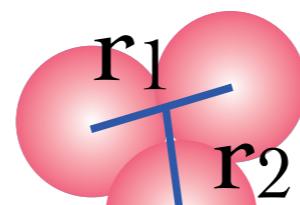
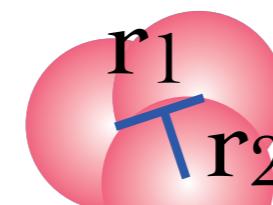
$2\pi, \sigma$

1.5

2.0

π

三核子系



←
quark/gluon
からの理解へ
つなげる

中間状態 : $N^*, \Delta\Delta$ etc...

藤田・宮沢型

中間状態 : Δ

我々の実験

核子多体系

核物質
(高密度)

核構造

multi-n?
($3n, 4n$ etc...)

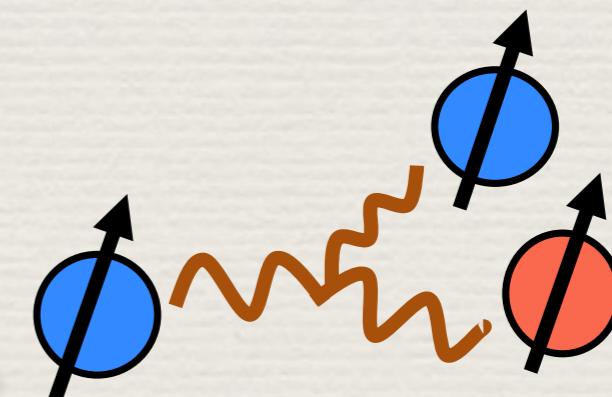
三 体力の実験

3~4個の核子で構成される原子核から
未知の核力・体力にアプローチする

- 理論モデルを媒介しない
- エネルギー依存、スピン偏極
 - 核力(体力)のダイナミクス(距離, スピン, 荷電スピン依存)
に直接アプローチ
- 未知の核力・体力を我々の実験から決める

現在進行中の実験

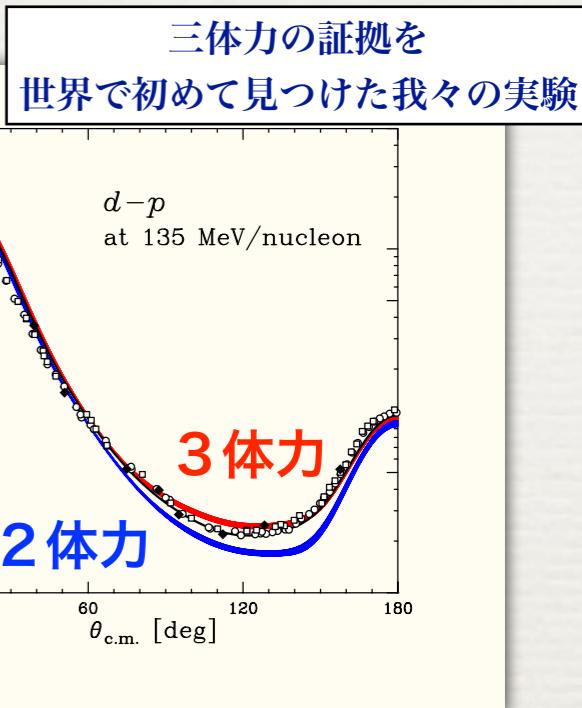
- 陽子+ヘリウム3散乱(4核子系)
@ 東北大 CYRIC / 阪大RCNP
- 重陽子-陽子散乱(3核子系)
@ 理研RIBF 加速器施設
- 3陽子 / 3中性子 状態の探索
@ 阪大RCNP / 理研RIBF



スピンの向きをそろえる
(偏極実験)



中性子過剰、陽子過剰核の
核力は? (不安定核ビームの利用)

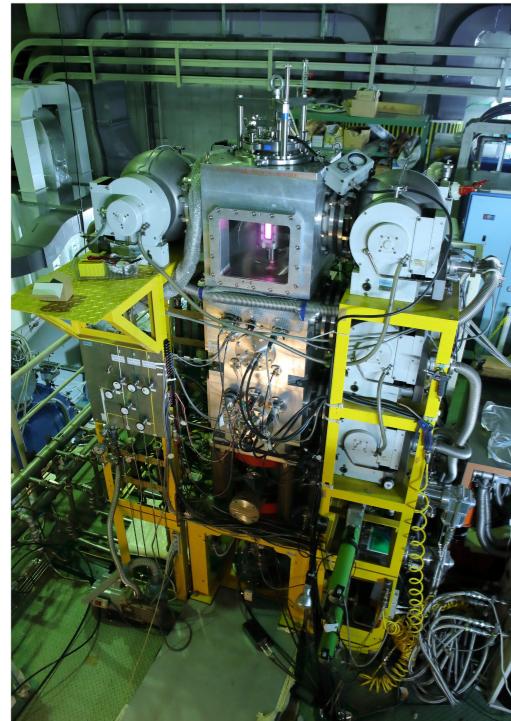


理研 RIビームファクトリー

～エキゾティック核物理の世界的中心施設～

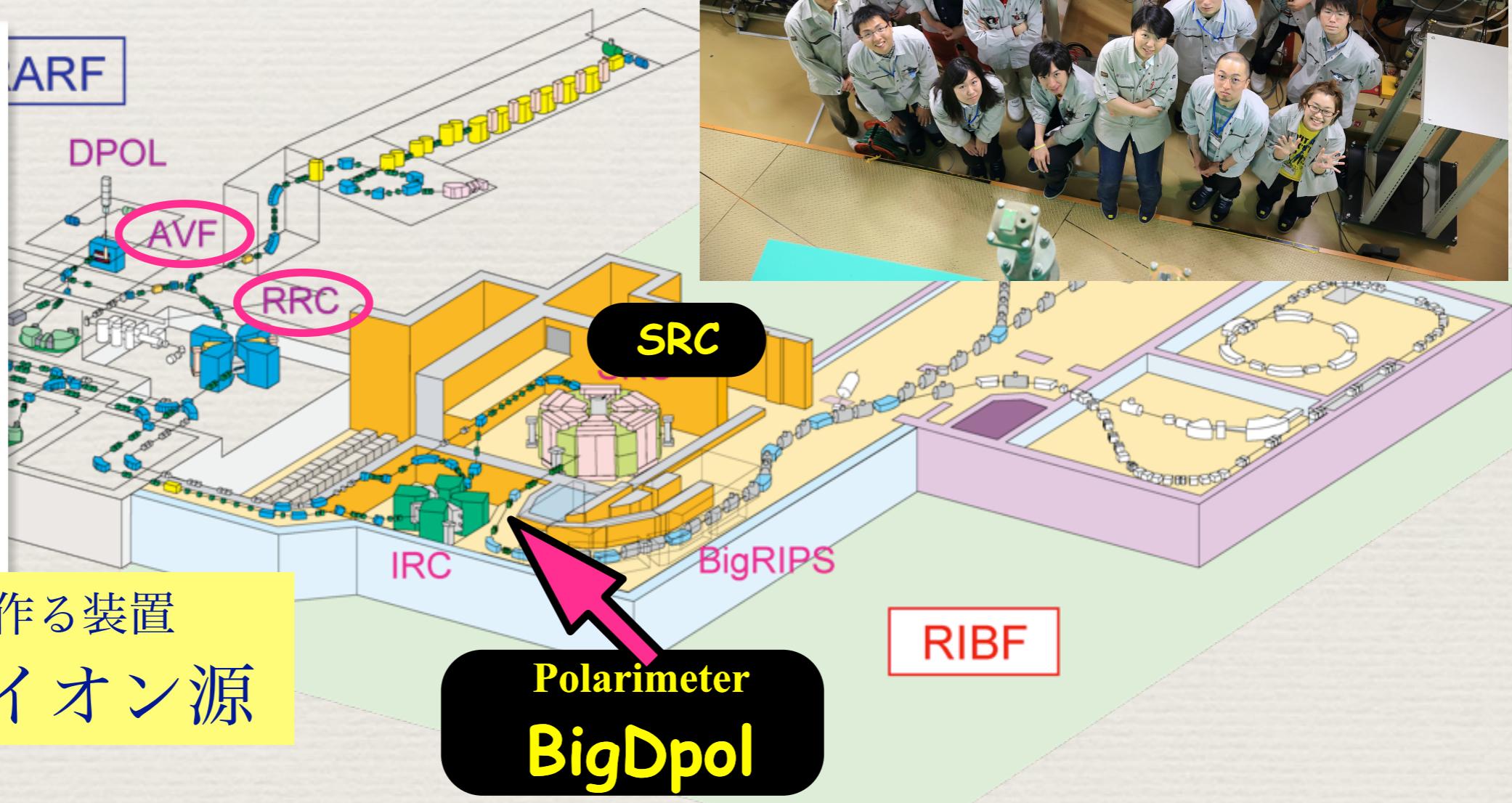
RI ビーム & 偏極重陽子ビームの実験

- 重陽子・陽子弹性散乱実験
- 三中性子状態探索実験



スピン偏極を作る装置

偏極重陽子イオン源

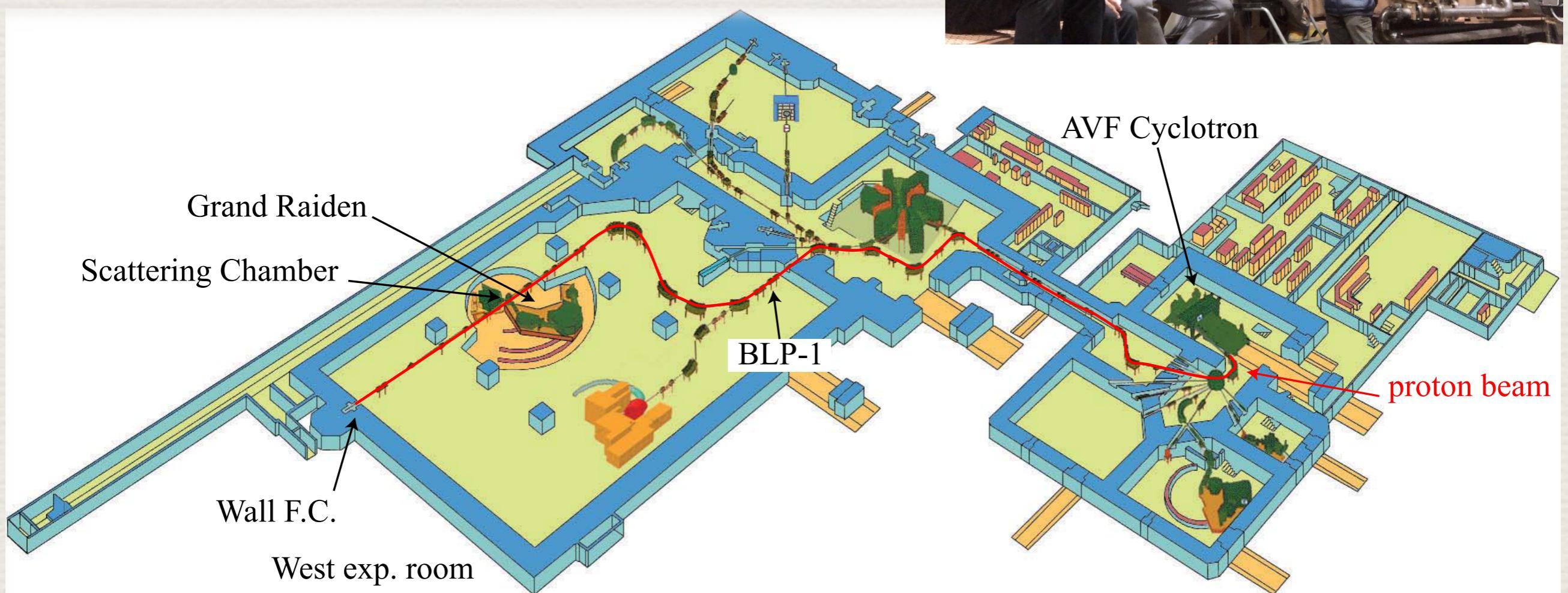
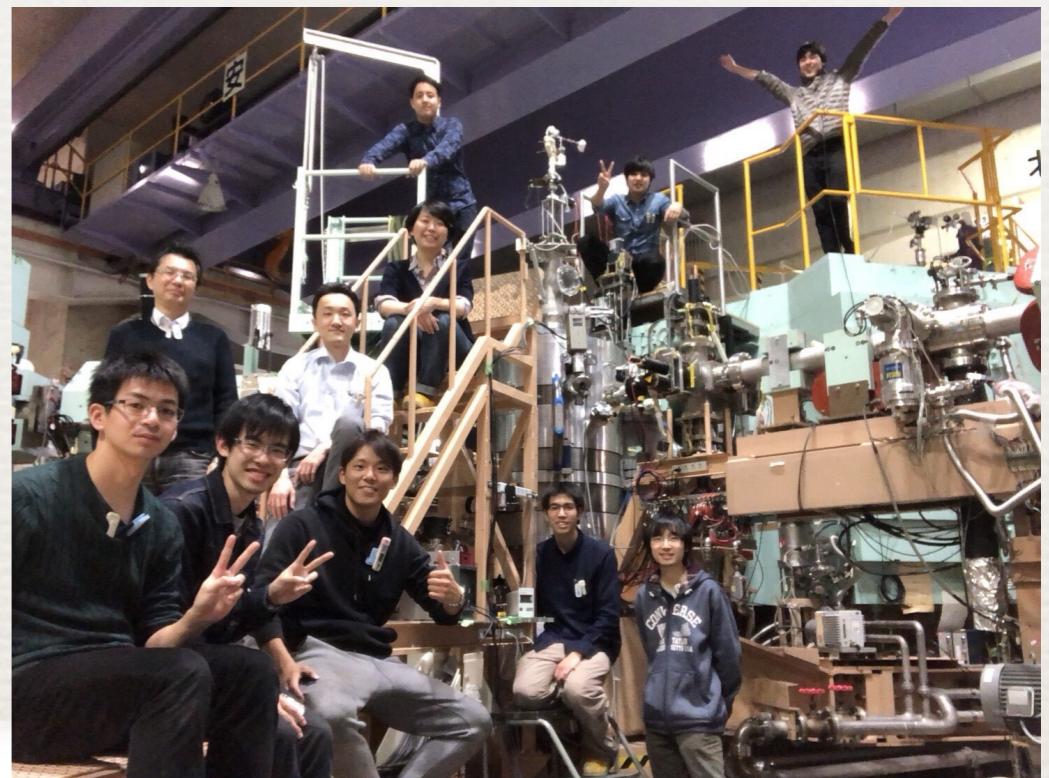


大阪大学核物理研究センター

～世界最高性能の高分解能・高輝度軽イオンビーム～

偏極陽子&軽イオンビームの実験

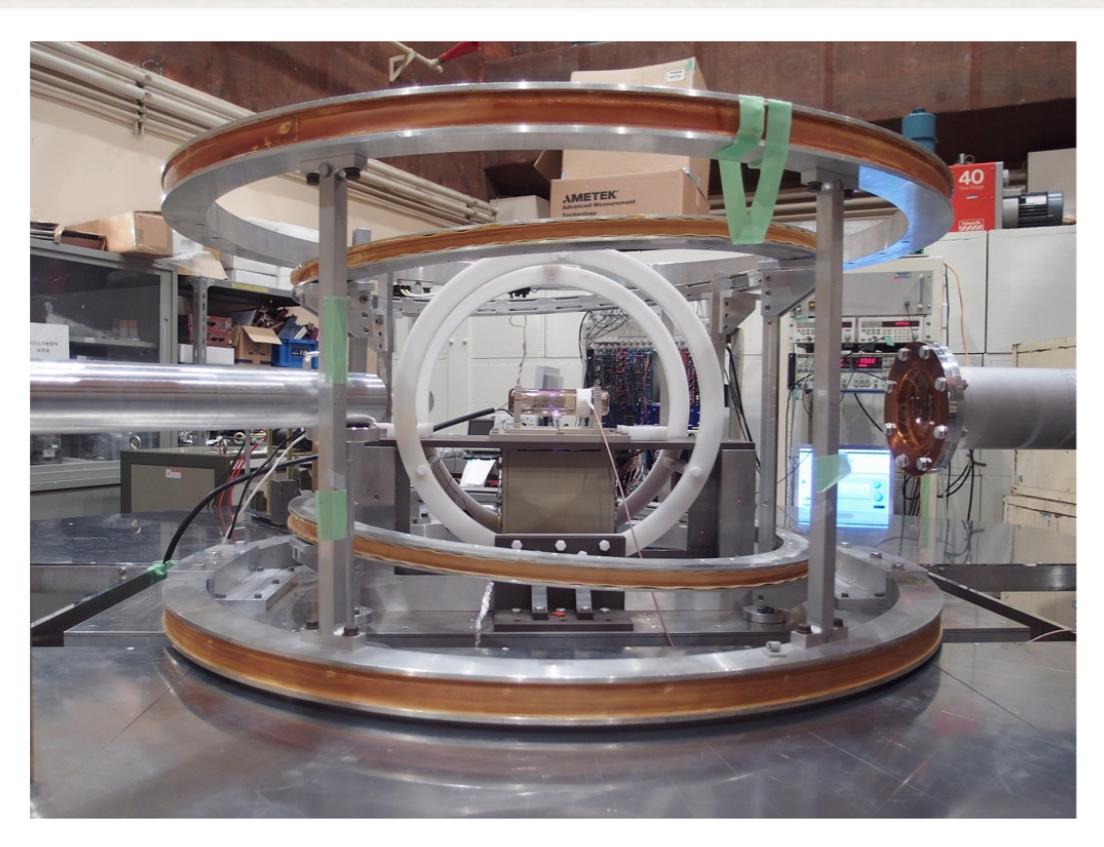
- 陽子・ ^3He 散乱実験
- 三陽子状態探索実験



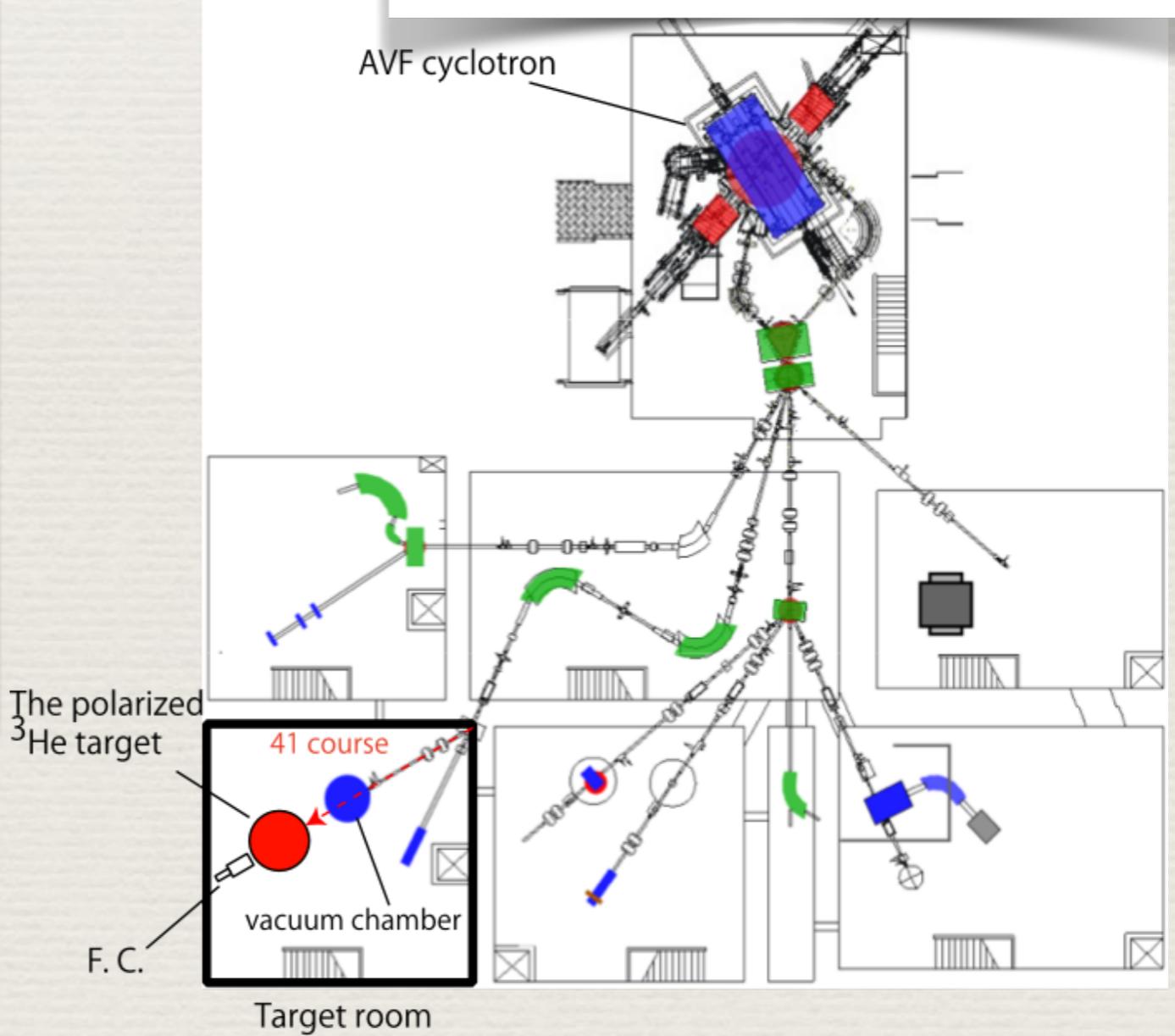
東北大學CYRIC ~ホームグラウンド施設~

陽子ビームの実験

- 陽子・ ^3He 散乱実験
- 三中性子状態探索テスト実験など

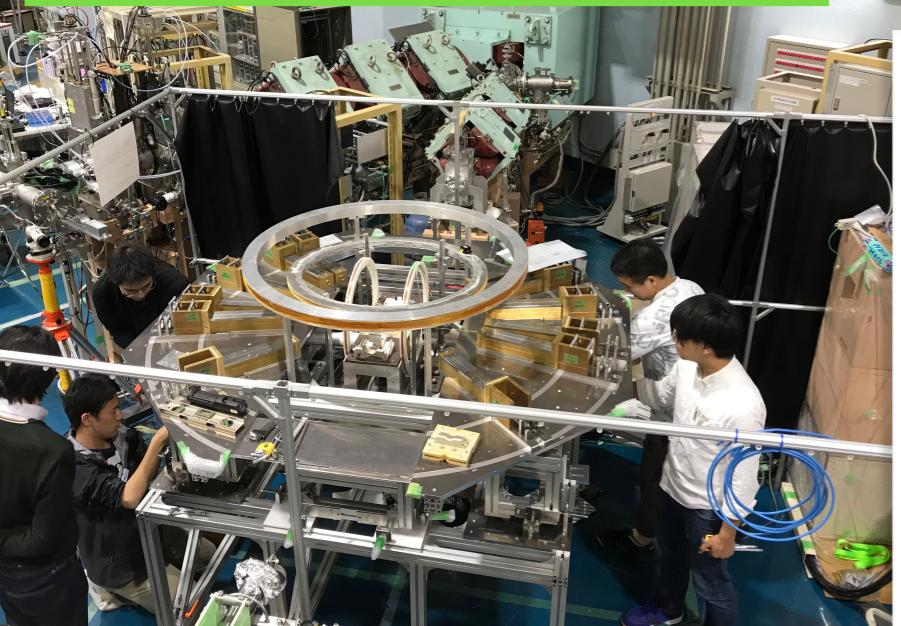


我々がCYRICで
開発を進めた
偏極 ^3He 標的



エキゾティック核Gr. - 近年の活動 -

実験@阪大RCNP



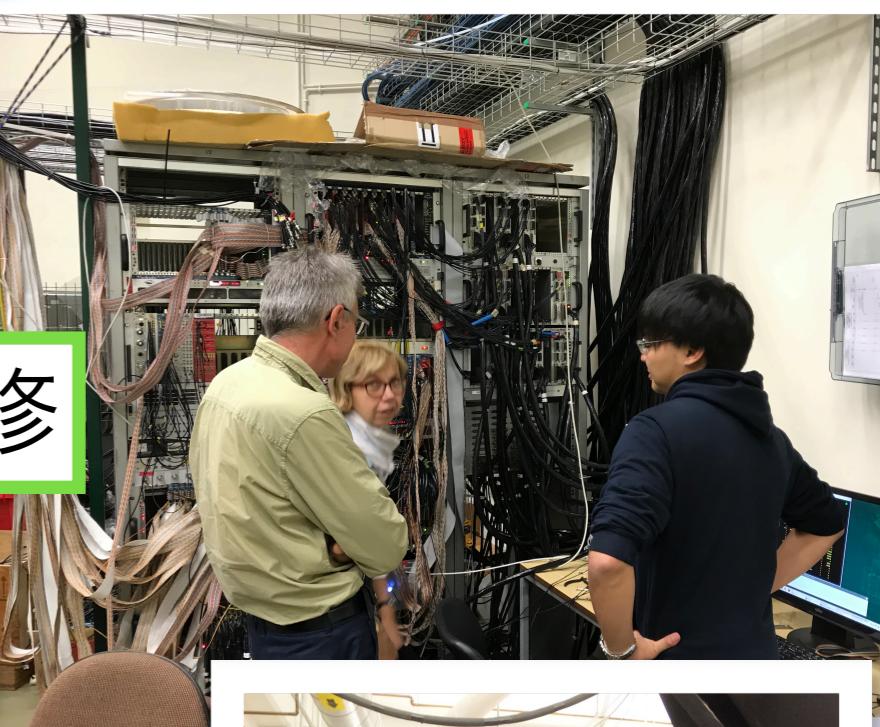
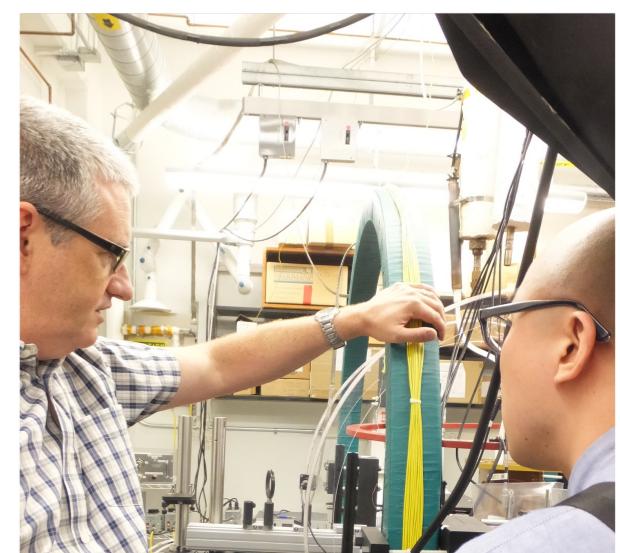
実験@東北大CYRIC



偏極 ^3He 標的開発



国際会議&他施設研修



研究室の生活

加速器実験：年に 2～3 回

- ・東北大CYRIC
 - ・大阪大学RCNP
 - ・理研RIビームファクトリー
- * 実験期間：1週間／回
* 実験準備：数ヶ月／回

大学での研究

- ・偏極標的・検出器開発
- ・データ解析
- ・論文執筆
- ・研究打ち合わせ

ゼミ：毎週

- ・輪講
- ・論文紹介

見学歓迎です

関口：理学研究科合同B棟622号室

三木：理学研究科合同A棟604A号室

渡邊：理学研究科合同A棟604B号室

連絡先

<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/nuclphys2/>

メール：kimiko@lambda.phys.tohoku.ac.jp