

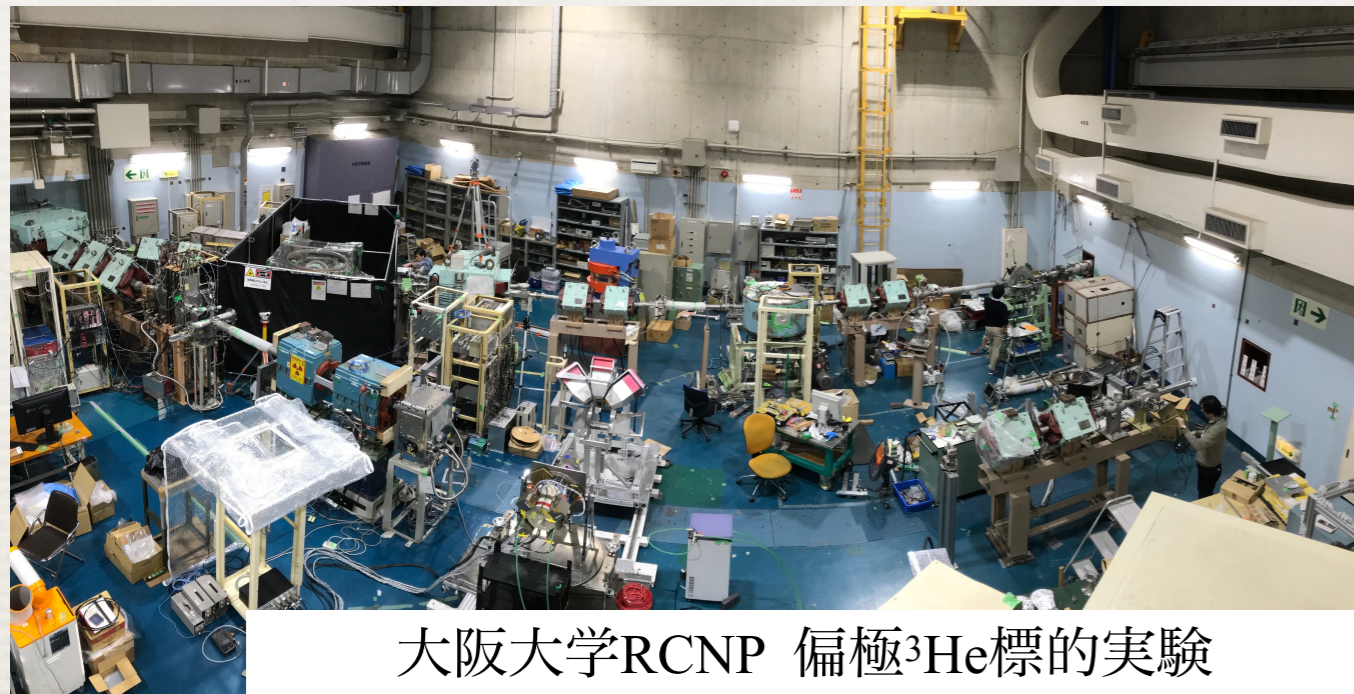
エキゾティック核物理グループ

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

東北大学CYRICでの実験風景(2018年6月)



大阪大学RCNP 偏極 ^3He 標的実験

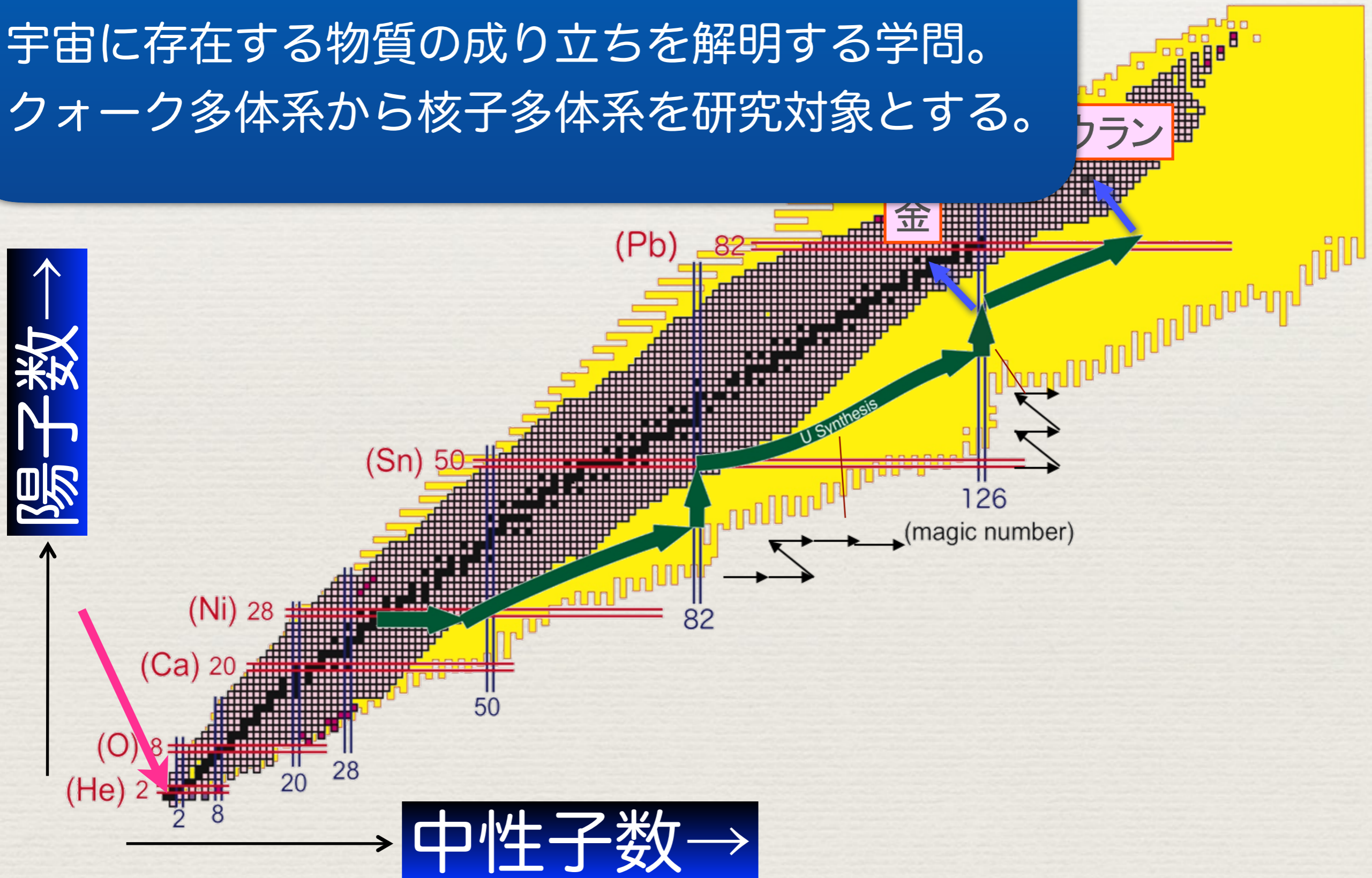


理化学研究所 SAMURAI 施設

原子核物理学

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。
クォーク多体系から核子多体系を研究対象とする。

（元素周期律表）



原子核のイノベーション 6

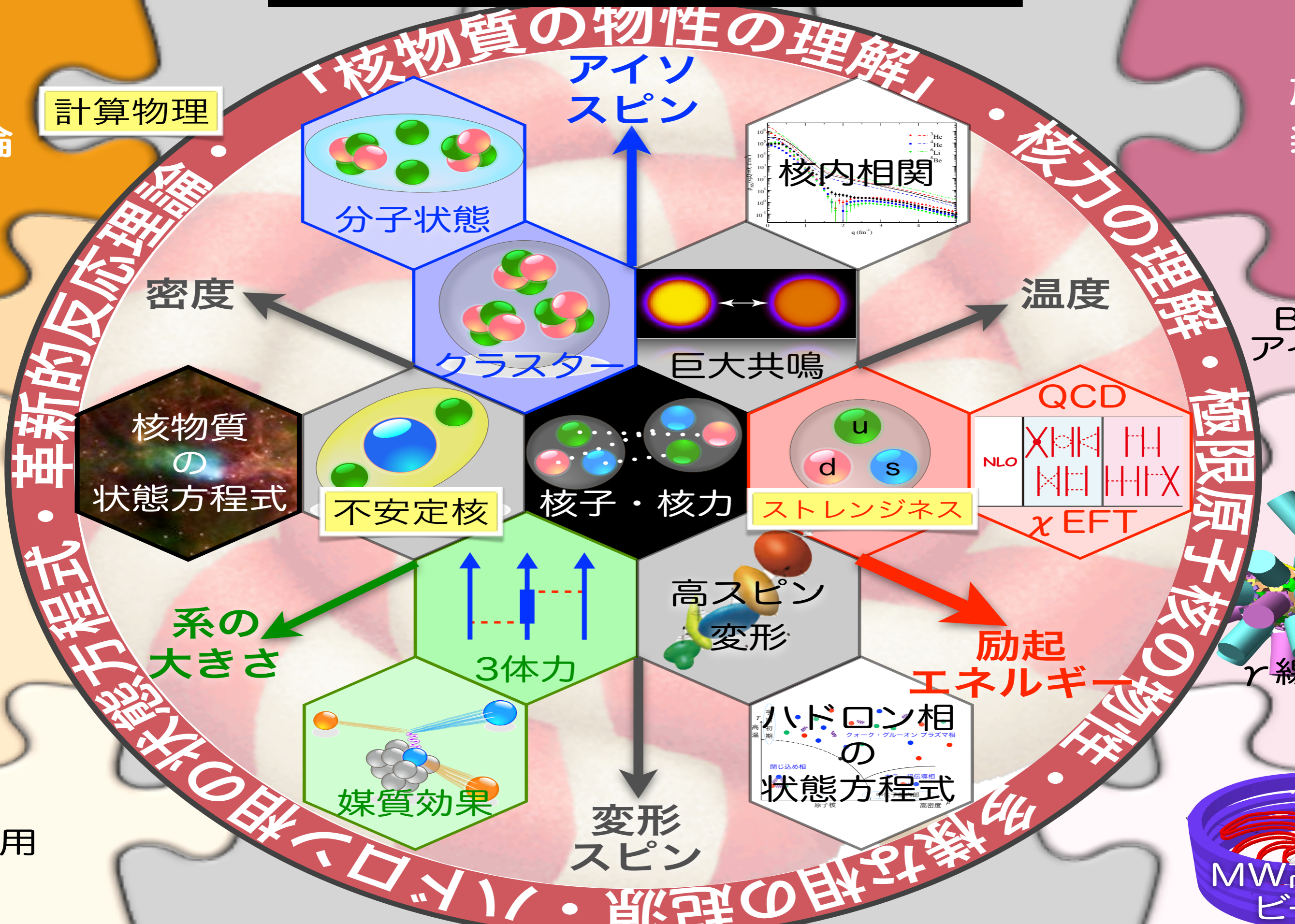
理論

計算物理

造

心

作用



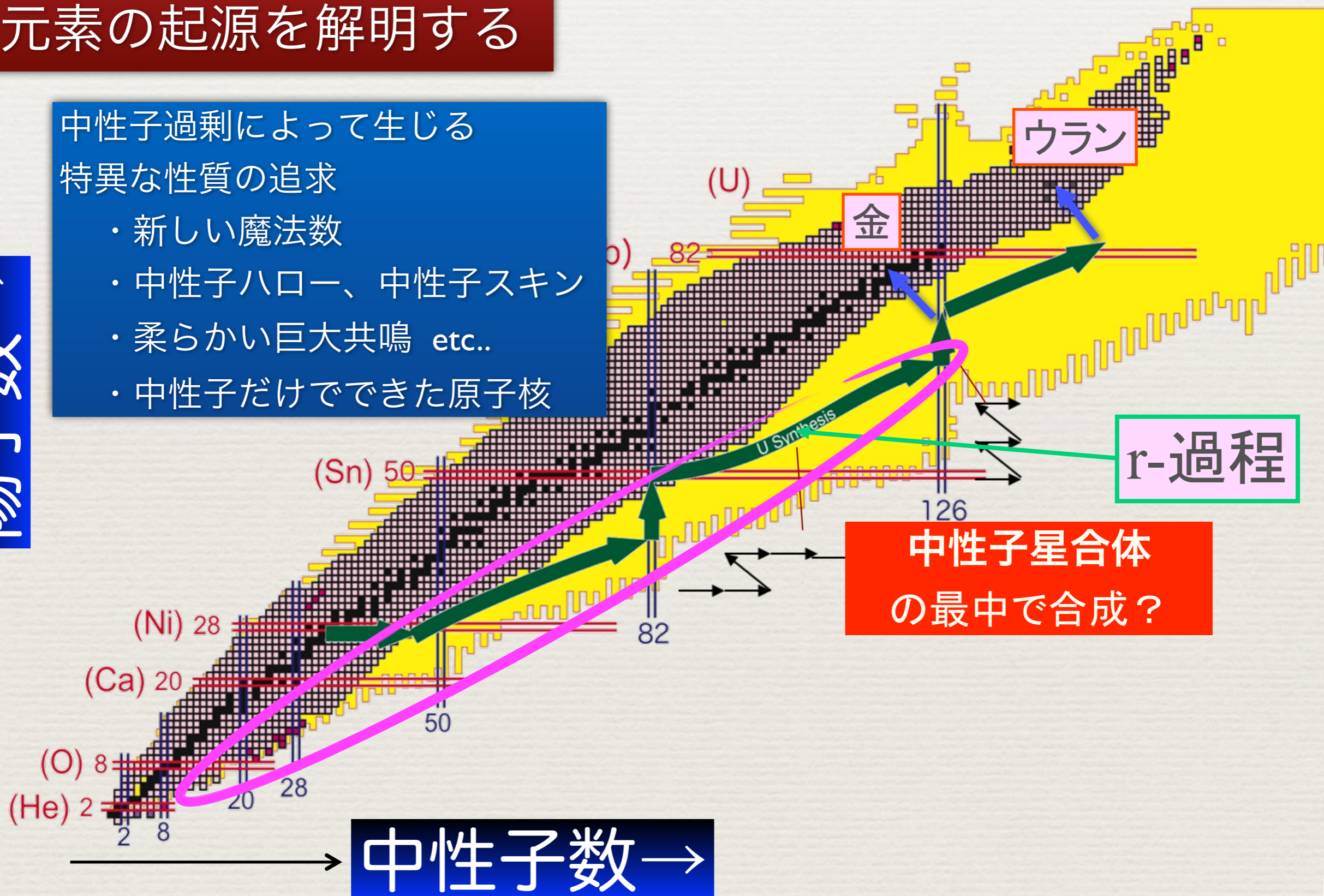
不安定核(エキゾチック核)の研究

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↑

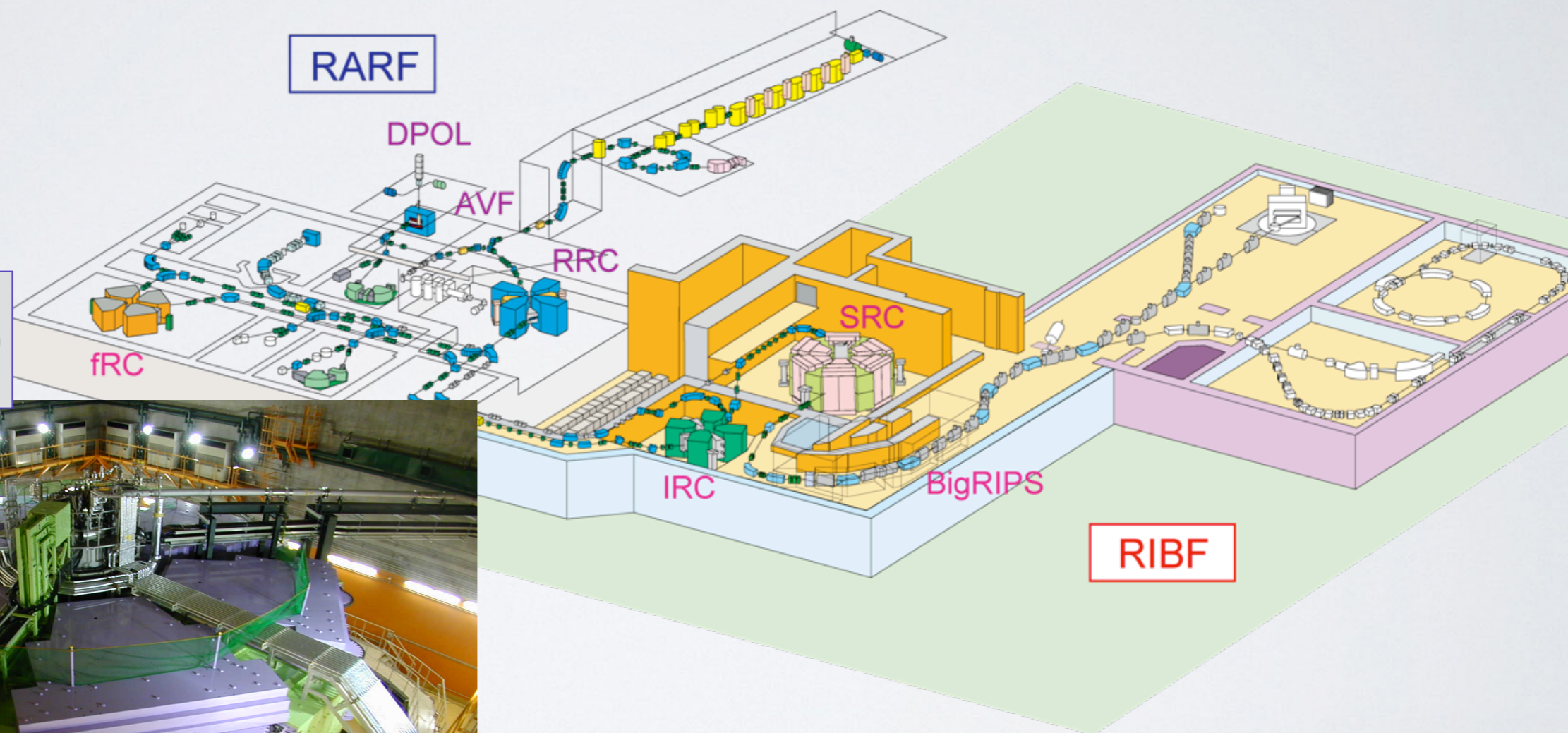
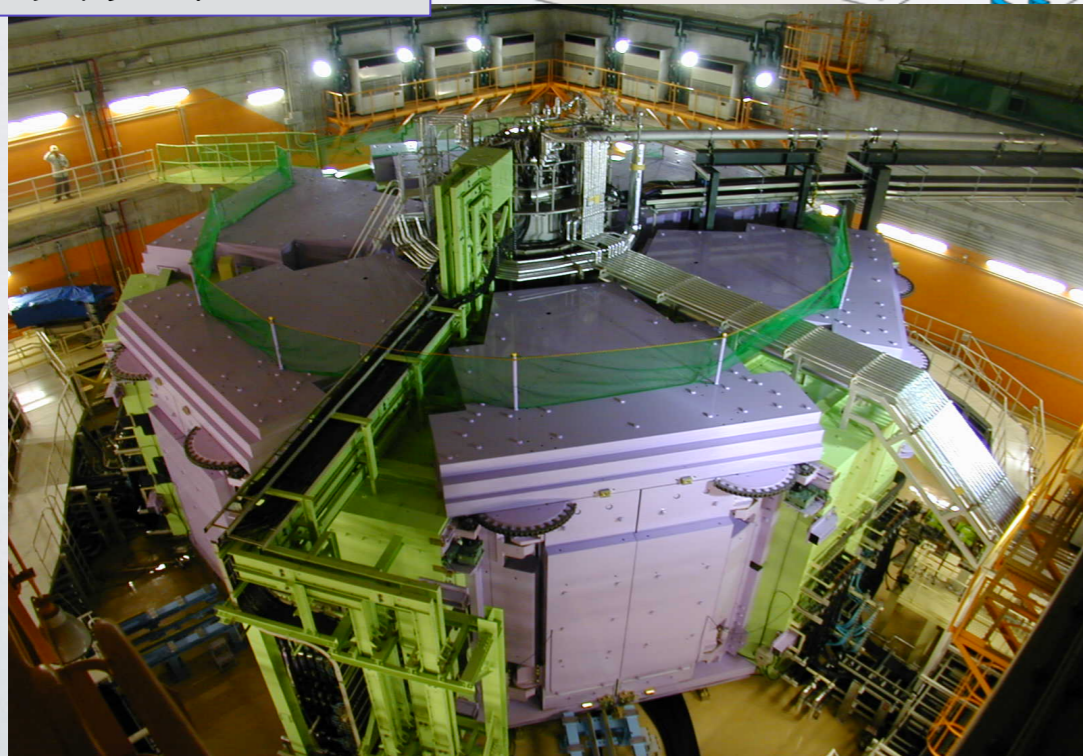


不安定核(エキゾティック核)の研究

世界最大のサイクロトロン“理研RIビームファクトリー”(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

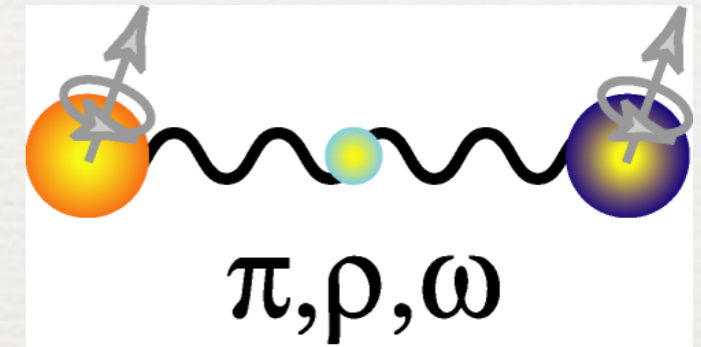
SRC
世界最重量(8300トン)
のサイクロトロン



核 力 研究 ～核子—原子核—星を形成するチカラ～

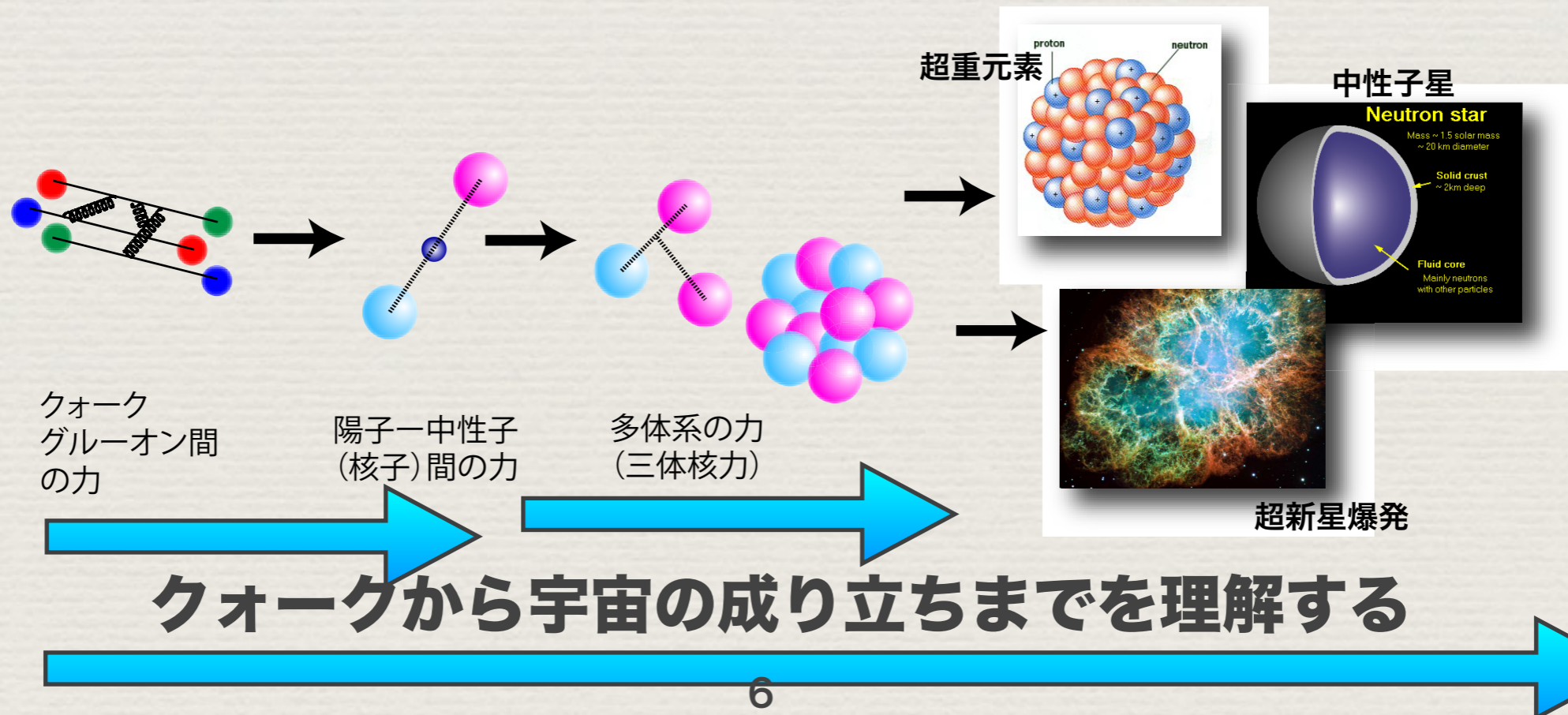
📌 湯川秀樹の中間子交換理論（1935年）

📌 核力研究のフロンティア（21世紀）



📌 クォーク（素粒子）から核力を理解する

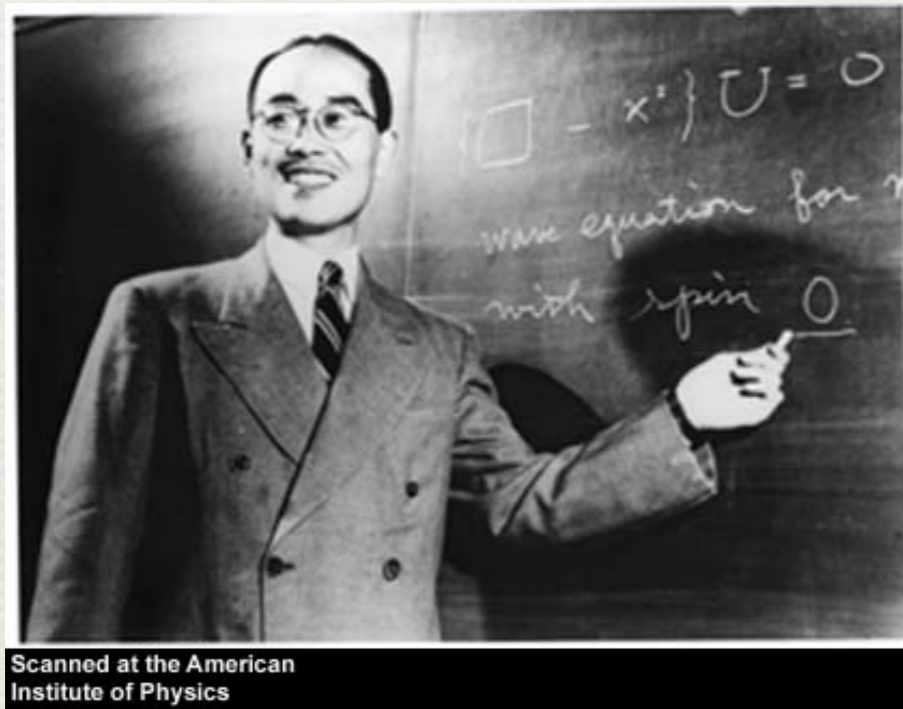
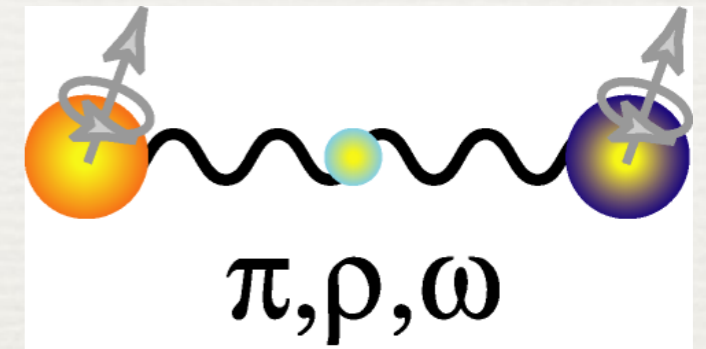
📌 多体系における核力を理解する：三体力



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)



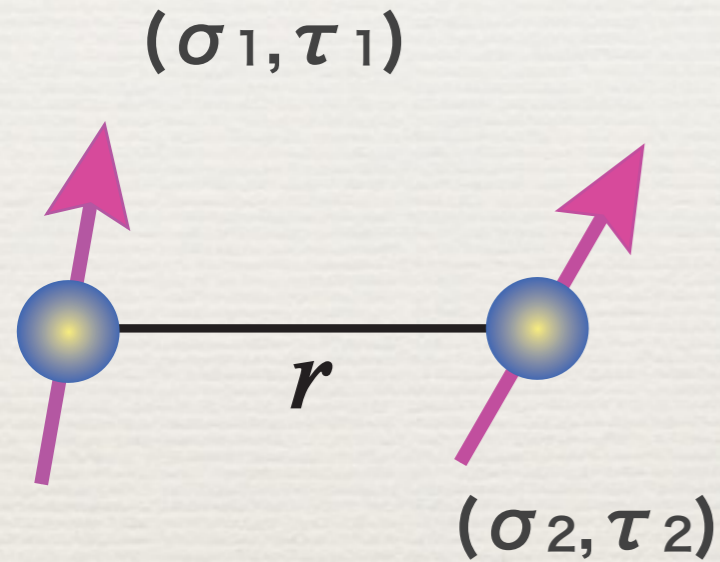
核力は陽子と中性子の間に

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

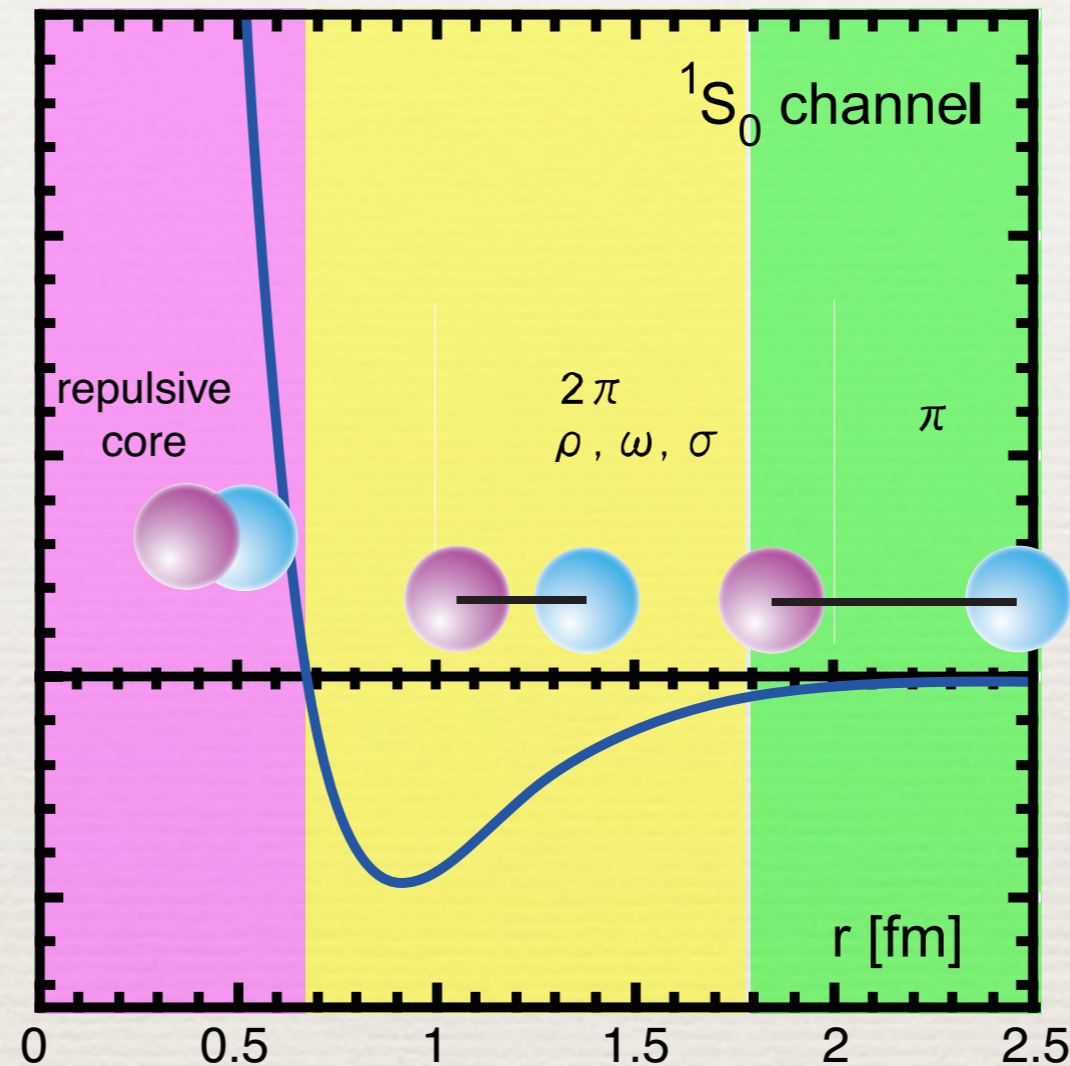
中間距離：引力

遠距離：弱い引力



σ : 核子のスピン
 τ : 核子の荷電スピン

ポテンシャル V [10^6 eV]



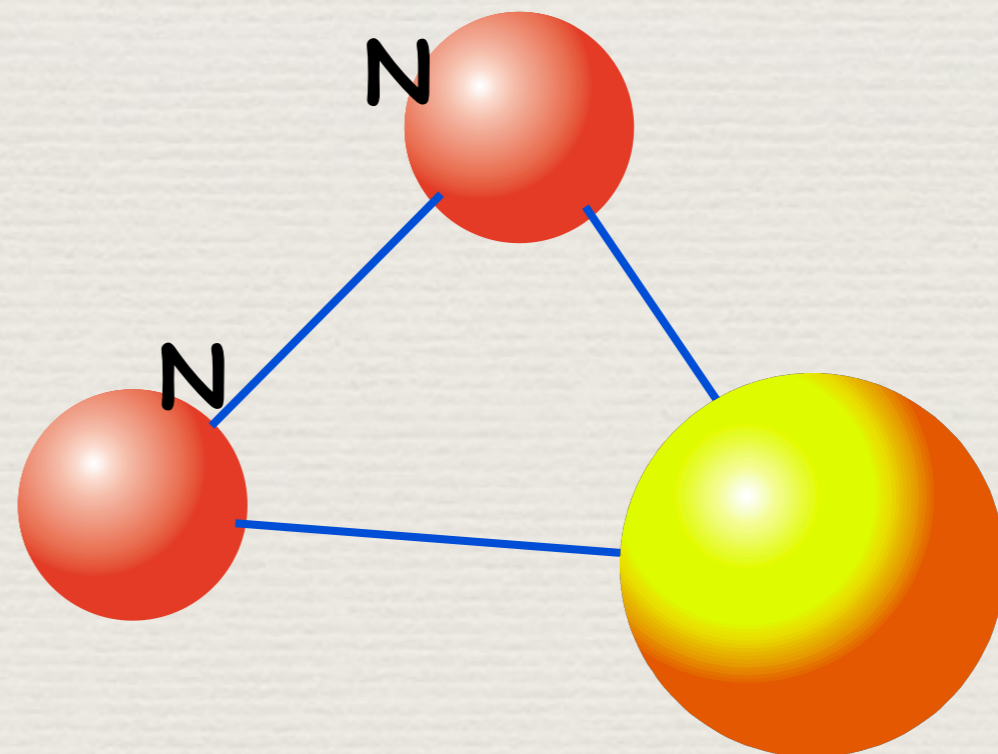
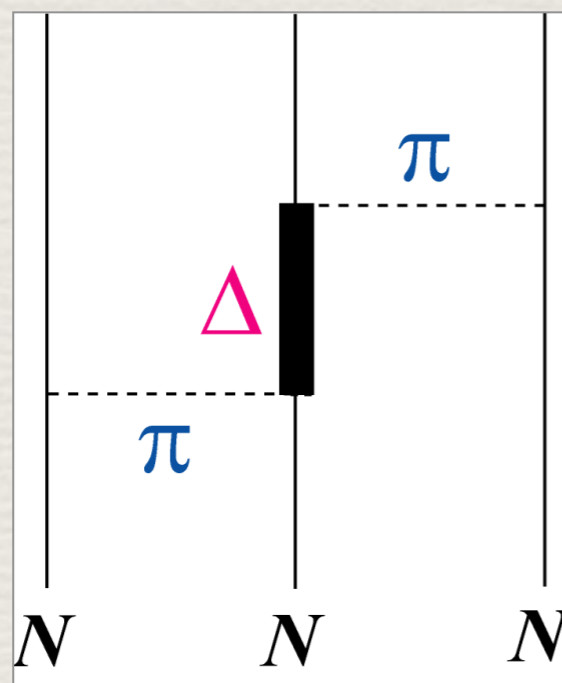
距離 r [10^{-15} m]

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

核力は “中心力＋スピン・荷電スピン力”

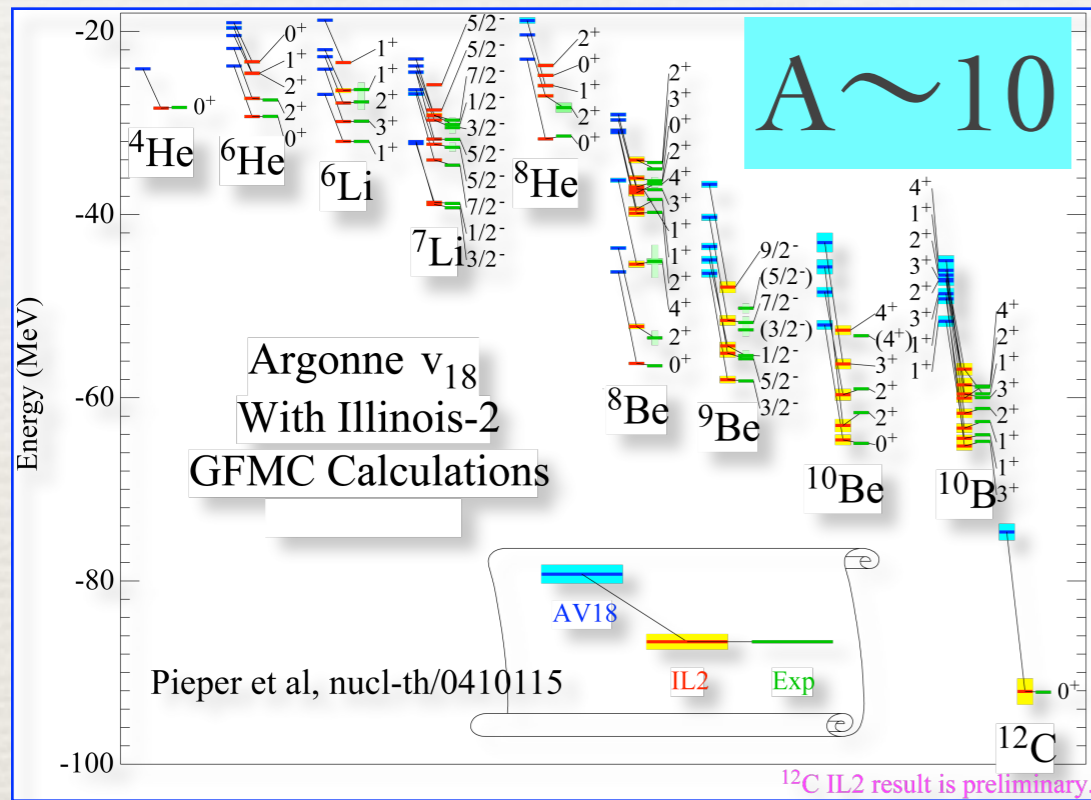
③ 体力(三体核力)とは

- 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。



③ 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

$A \sim 100$

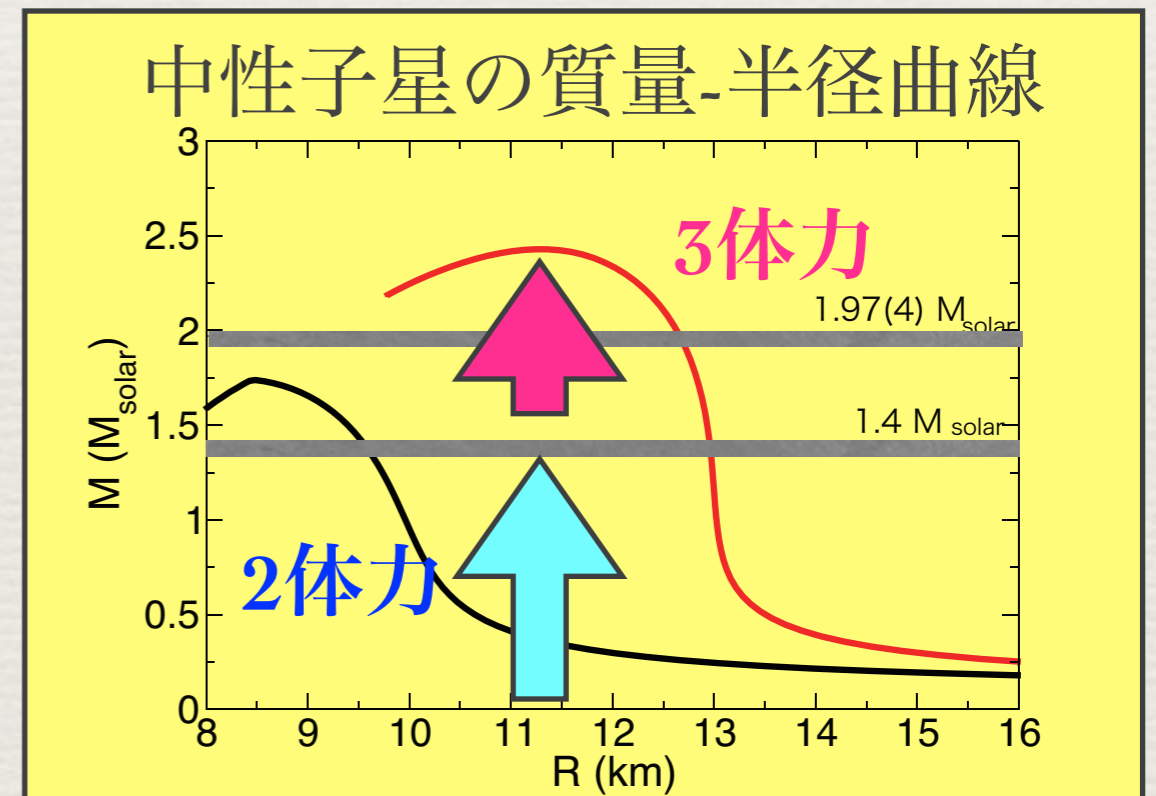
～元素合成過程の理解～

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

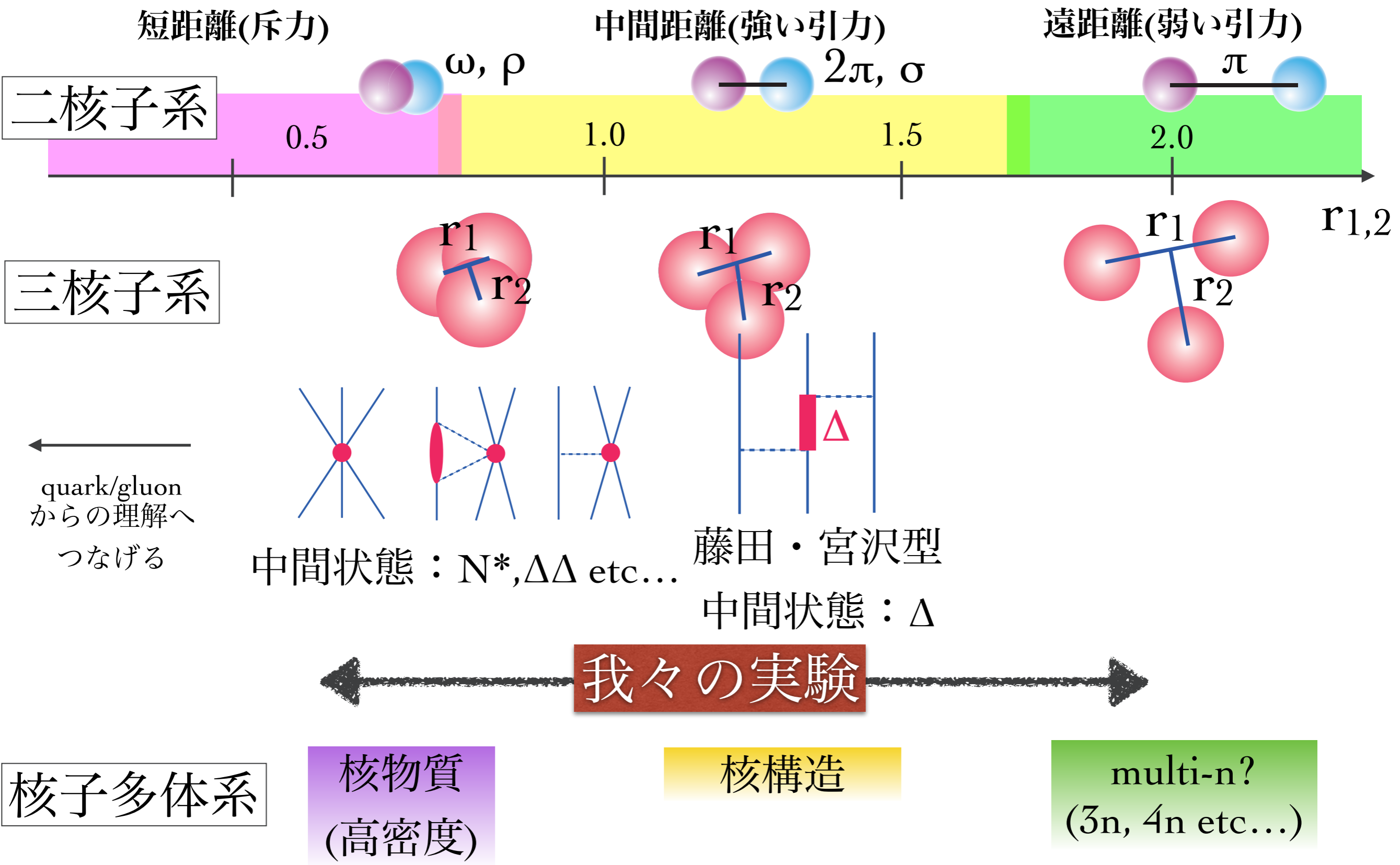


核力研究の最前線

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。



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・三体力 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 (三体力) 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・三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

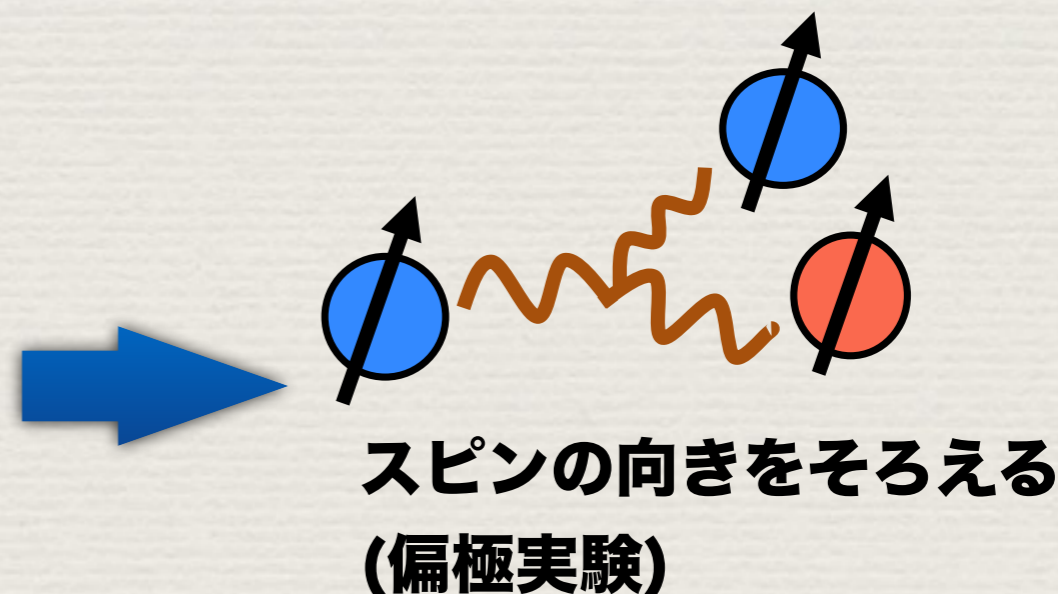
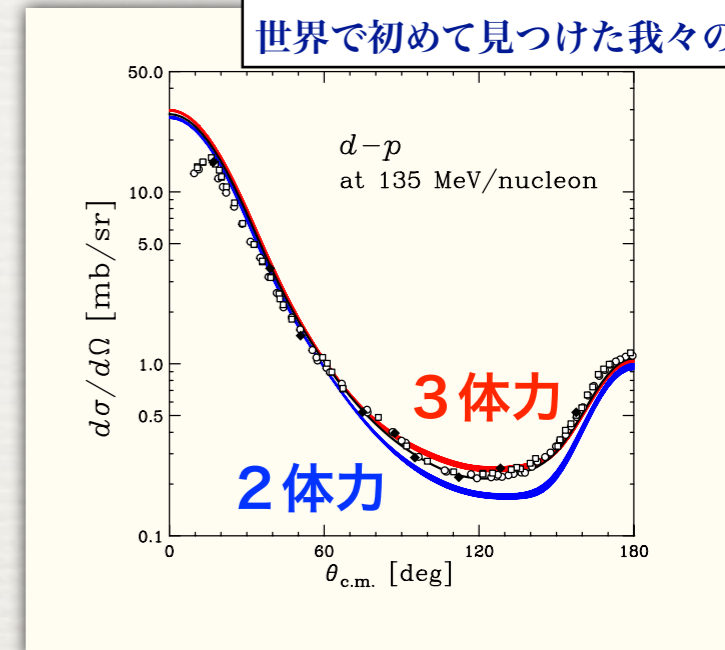
- 重陽子-陽子散乱 (3核子系)

@ 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

三体力の証拠を
世界で初めて見つけた我々の実験



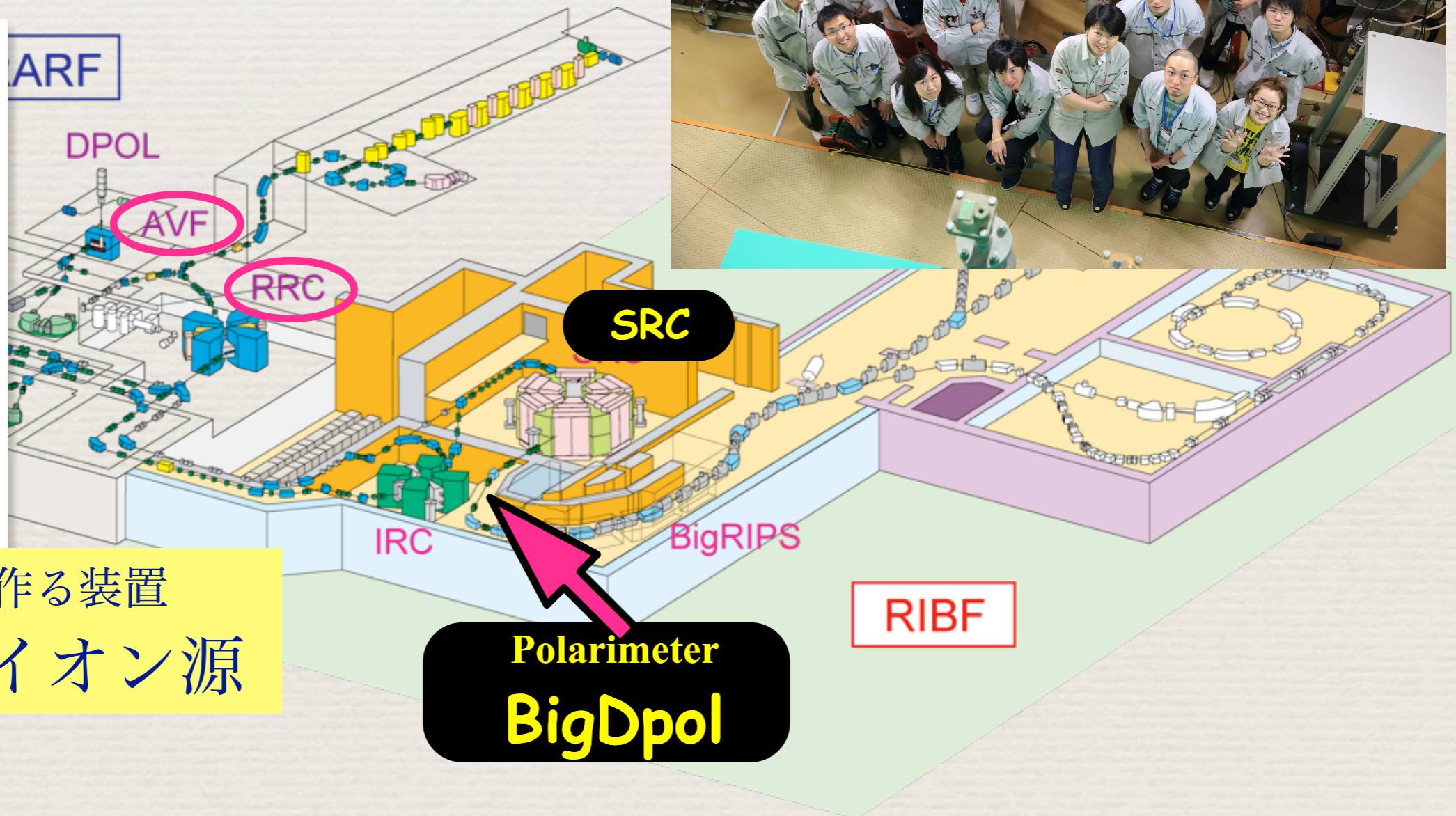
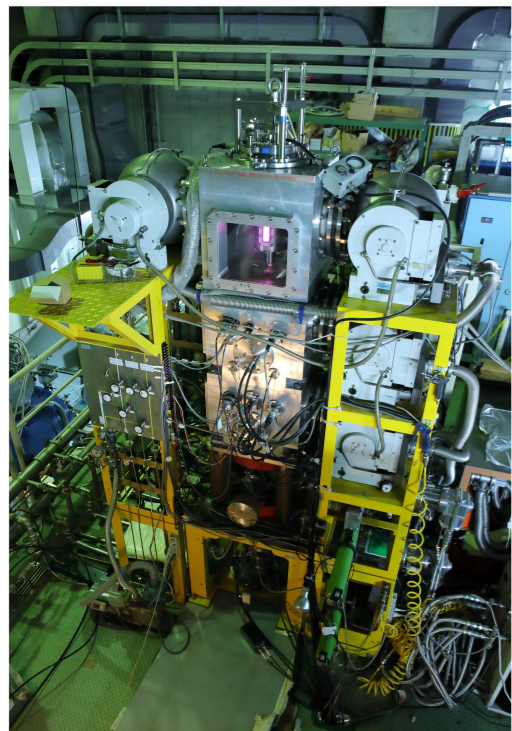
中性子過剰、陽子過剰核の
核力は？ (不安定核ビームの利用)

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・陽子弾性散乱実験
- 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

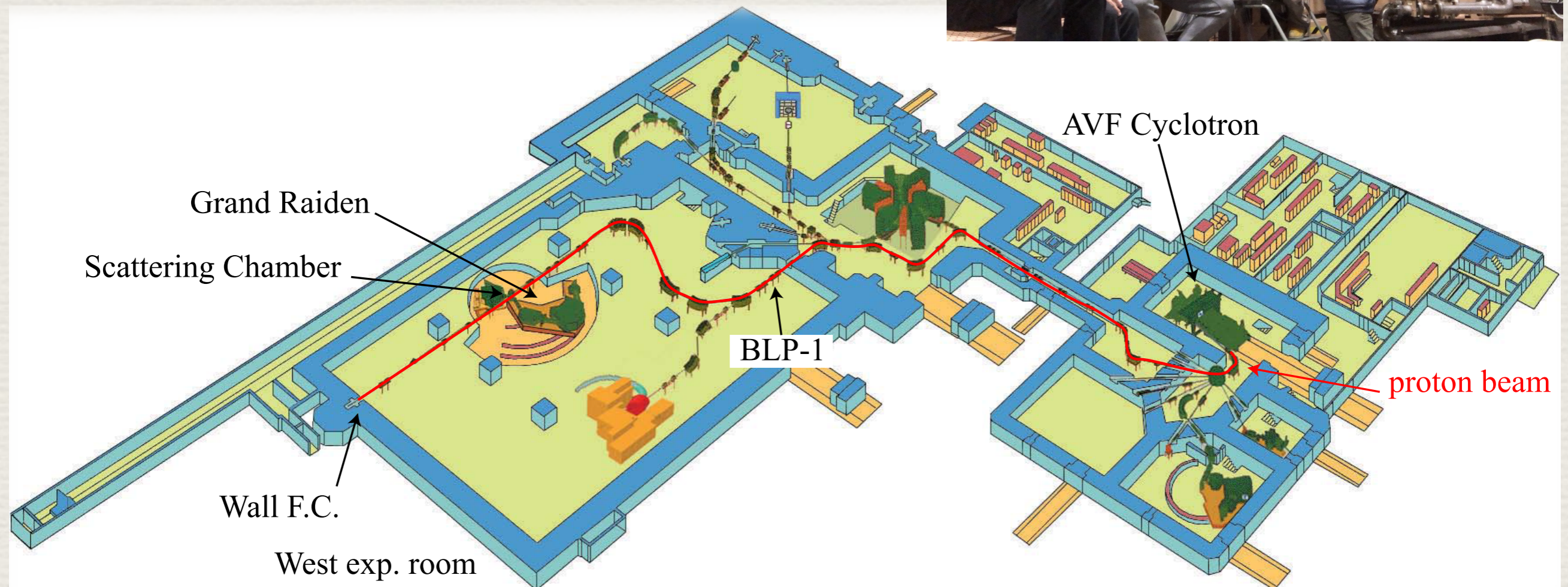
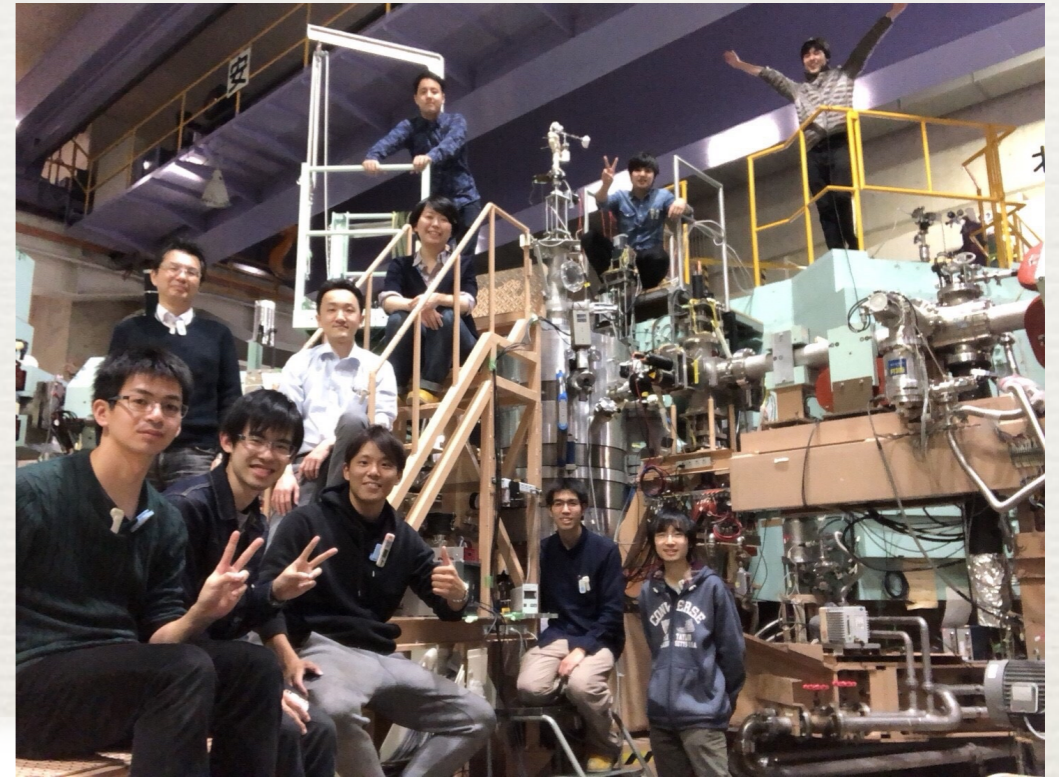
Polarimeter
BigDpol

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

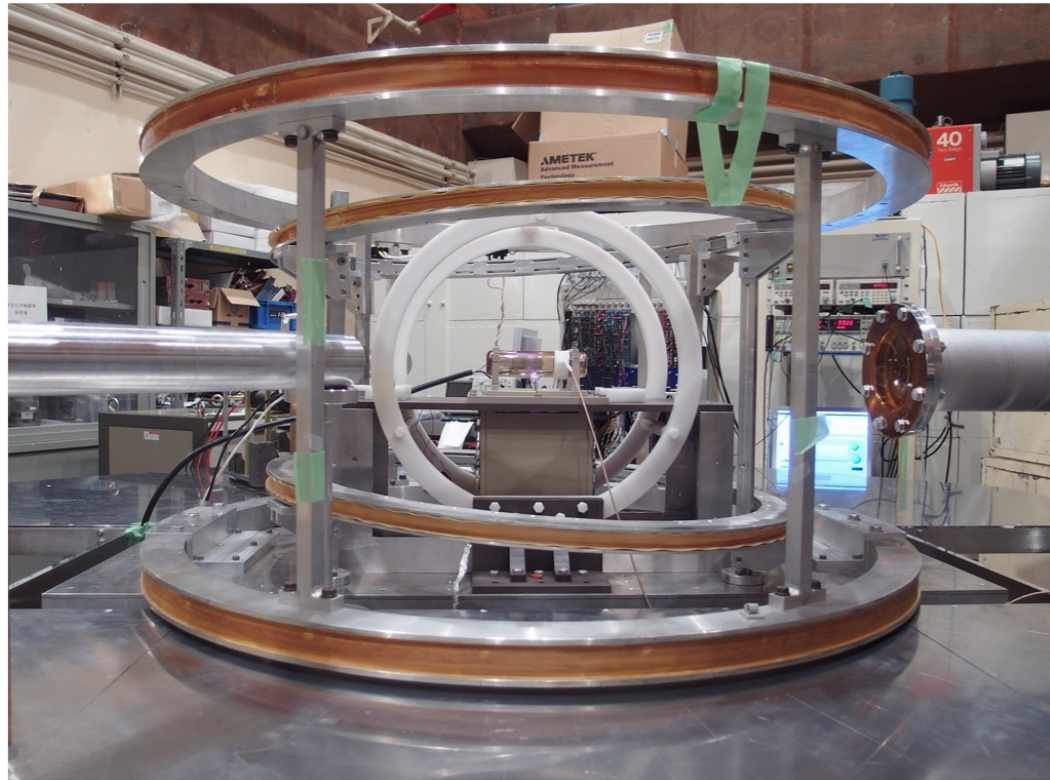
- 陽子・ ^3He 散乱実験
- 三陽子状態探索実験



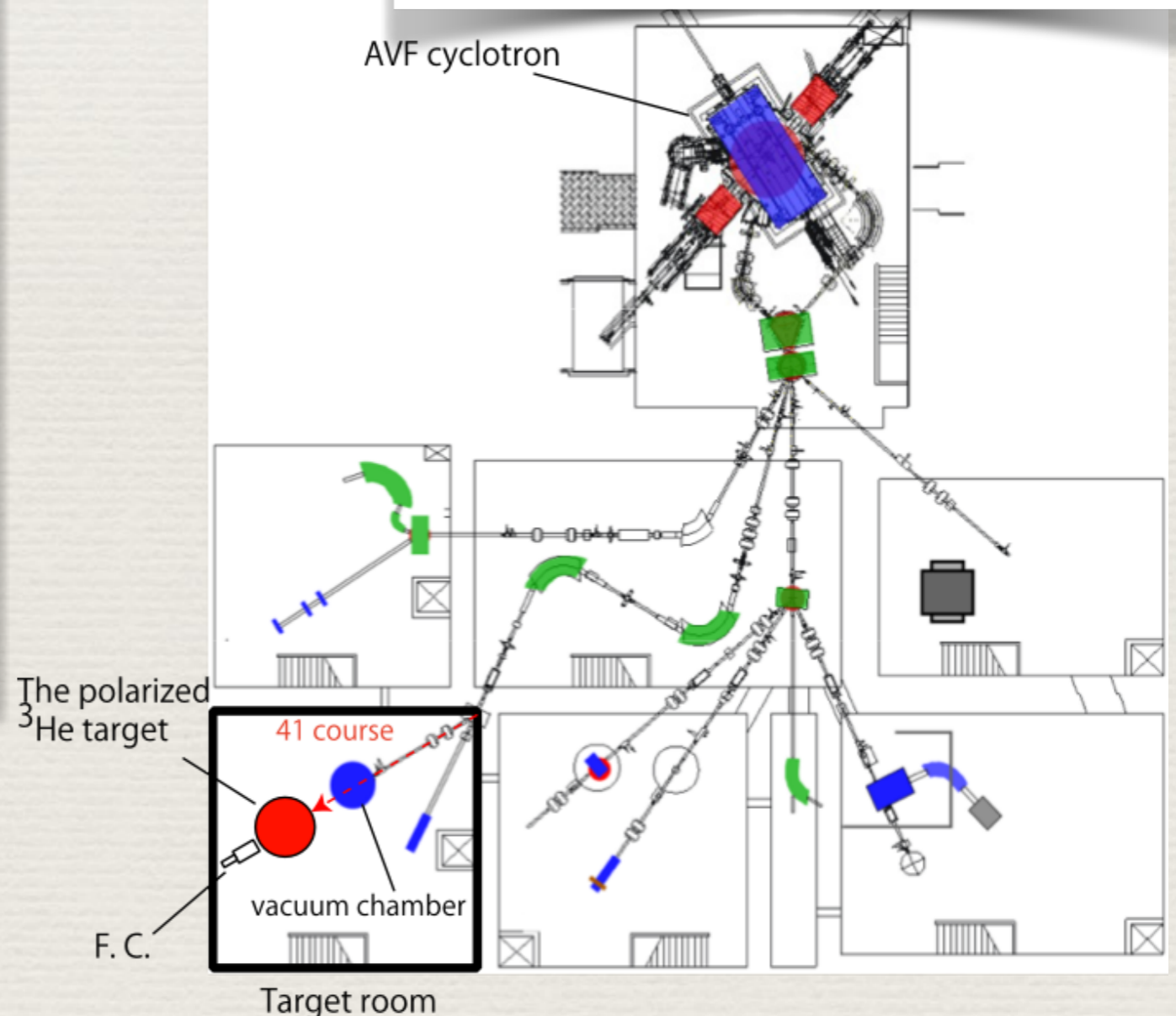
東北大学CYRIC ～ホームグラウンド施設～

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

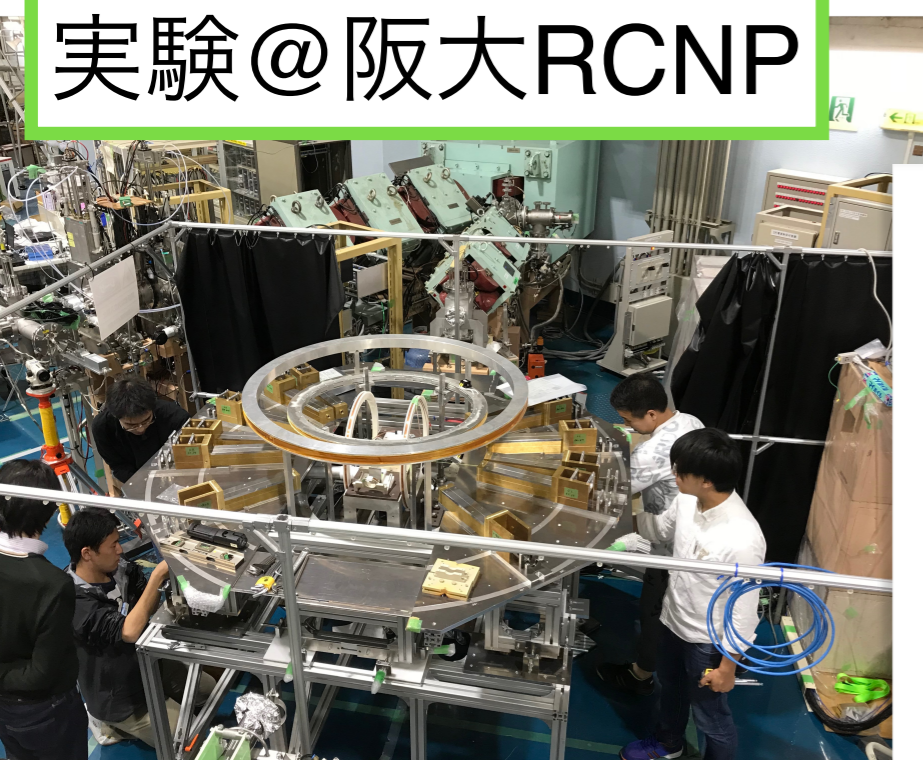


我々がCYRICで
開発を進めた
偏極 ^3He 標的



エキゾチック核Gr. - 近年の活動 -

実験@阪大RCNP



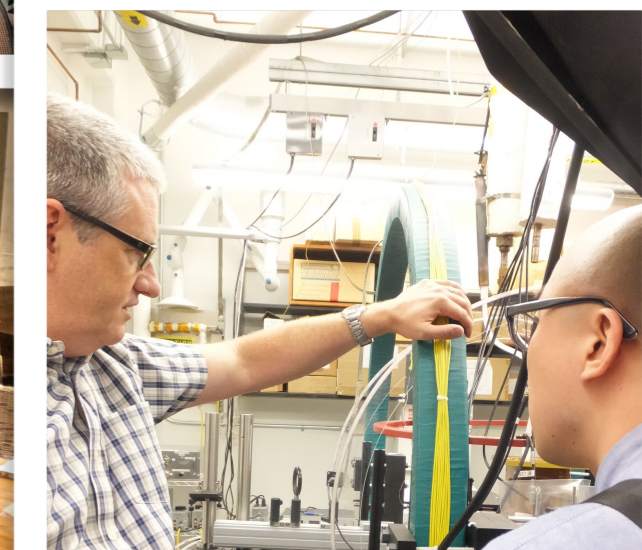
実験@東北大CYRIC



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