

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第24回 大阪大学 核物理研究センター (2022.11.25)

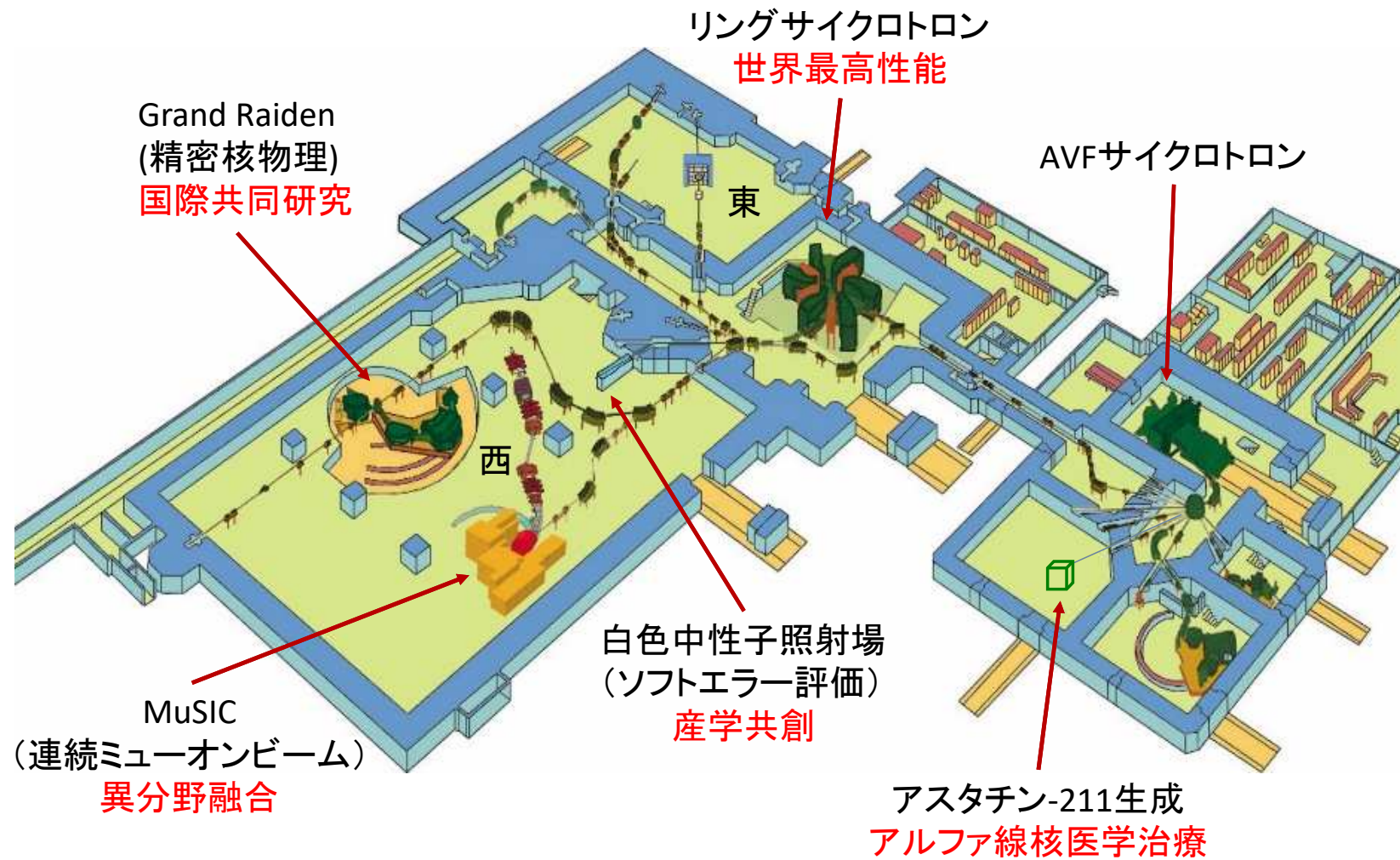
- | | |
|------------------|-------------------------------|
| 12:05-12:10(5分) | : 本センターの概要
中野 貴志 センター長 |
| 12:10-12:25(15分) | : “分極”で探る原子核の形と構造
小林 信之 助教 |
| 12:25-12:45(20分) | : 質疑応答 |

本センターの目指す方向性

大学内に加速器を持つ価値を最大化する。

- | | | |
|---------|---|---------------------------------------|
| 国際頭脳循環 |  | 国際共同研究の推進により、新しいアイデア、新しい装置、新しい人を呼び込む。 |
| イノベーション |  | 異分野融合研究や産学共創により新しい価値を生み出す。 |
| 卓越人材育成 |  | 関連コミュニティの国際ネットワークを活用して、卓越した人材を育成する。 |
| 大学の機能強化 |  | 大学のグローバル化と財務基盤強化に貢献する。 |

核物理研究センター・サイクロترون施設



AVFサイクロトロンの更新と施設利用の再開



AVFサイクロトロン

高強度化
高品質化

2019年度 建屋・設備の補修・増強

2020年度 AVFサイクロトロンの据付工事

2021年度 AVFサイクロトロンの機器調整

2022年度 ビーム加速開始

入射



リングサイクロトロン

単独利用

10倍以上の
ビーム強度

複合利用

At-211等の短寿命RIの大量製造

- ・アルファ線核医学治療の治験への供給
- ・短寿命RI供給プラットフォームの推進

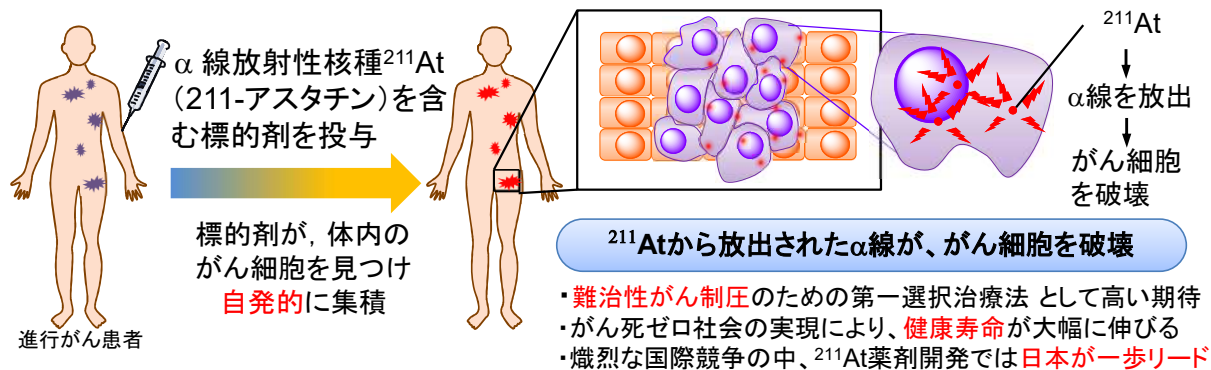
超高精密原子核物理実験

- ・超高品質ビーム増強による超高分解能実験やハイパー変形核実験の高効率化

異分野融合・産学共創

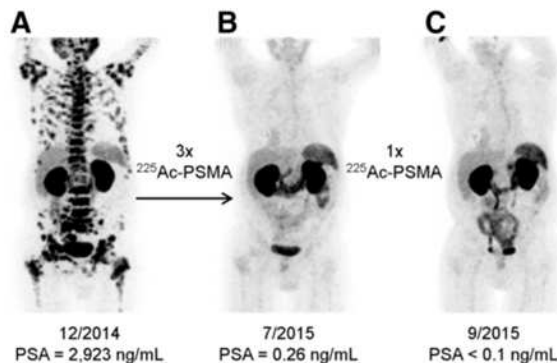
- ・学際的なミューオン科学の推進
- ・半導体ソフトウェア評価試験の効率化

産学連携によるアルファ線核医学治療開発



アスタチン-211(^{211}At)

- アルファ線放出核種
- 半減期は7.2時間
- ハロゲン族元素
- 安定同位体がない。
- 製造には加速器が必要



アルファ線核医学治療は注射薬による全身治療であり、多発転移のある進行がんにも用いることができる。

- ☑ 非臨床試験により、複数の有望な薬剤候補の存在を示す。
- ☑ 医師主導治験レベルの ^{211}At を安定に供給する実績を示す。
- ☑ 第1候補薬剤の医師主導治験(First in Human)を実施する。
- 産業レベルの ^{211}At の安定供給が実現可能であることを示す。
- 大手製薬企業のコミットメントを得る。



2025年度に ^{211}At の大量製造を開始

ミュオンを用いた異分野融合研究

世界のミュオン施設



RCNP MuSIC 連続状ミュオン

パイルアップなしの詳細測定
全粒子測定による相関分析
高時間分解能 μ SR測定

J-PARC MUSE パルス状ミュオン

大強度高統計測定
外場条件との同期測定
長い緩和の μ SR測定

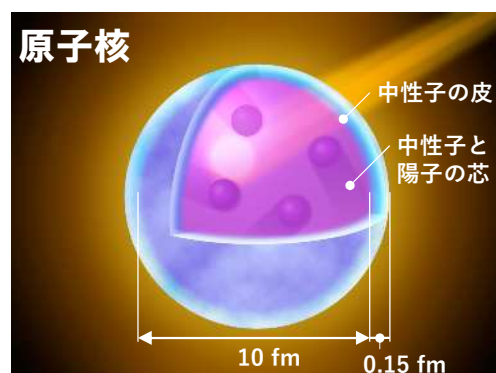


電子の200倍の質量のミュオンの軌道半径は

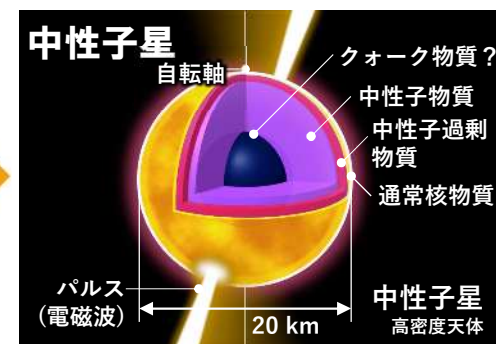
電子の $\frac{1}{200}$ → 200倍のエネルギー

- 原子核のみならず、隕石、考古資料など希少資料の非破壊分析、高温超伝導物性研究等、幅広い分野の研究が可能

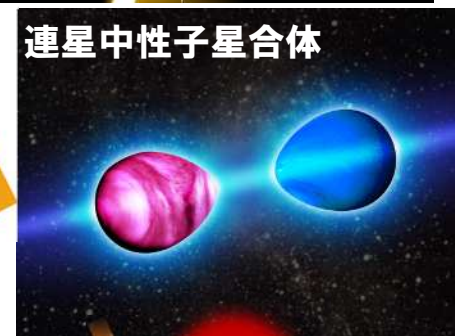
精密核物理



**10^{18} 倍
中性子星の
大きさ**



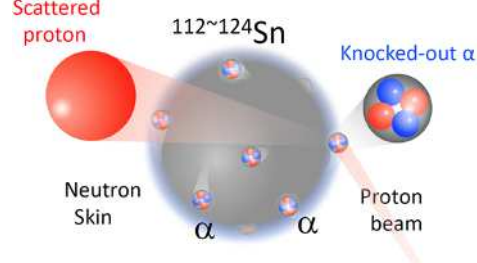
**中性子星の
変形**



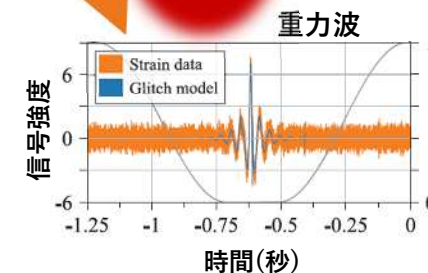
**粒子を
叩き出す**

光の吸収

核表面の α 粒子



予言



“分極”で探る原子核の形と構造

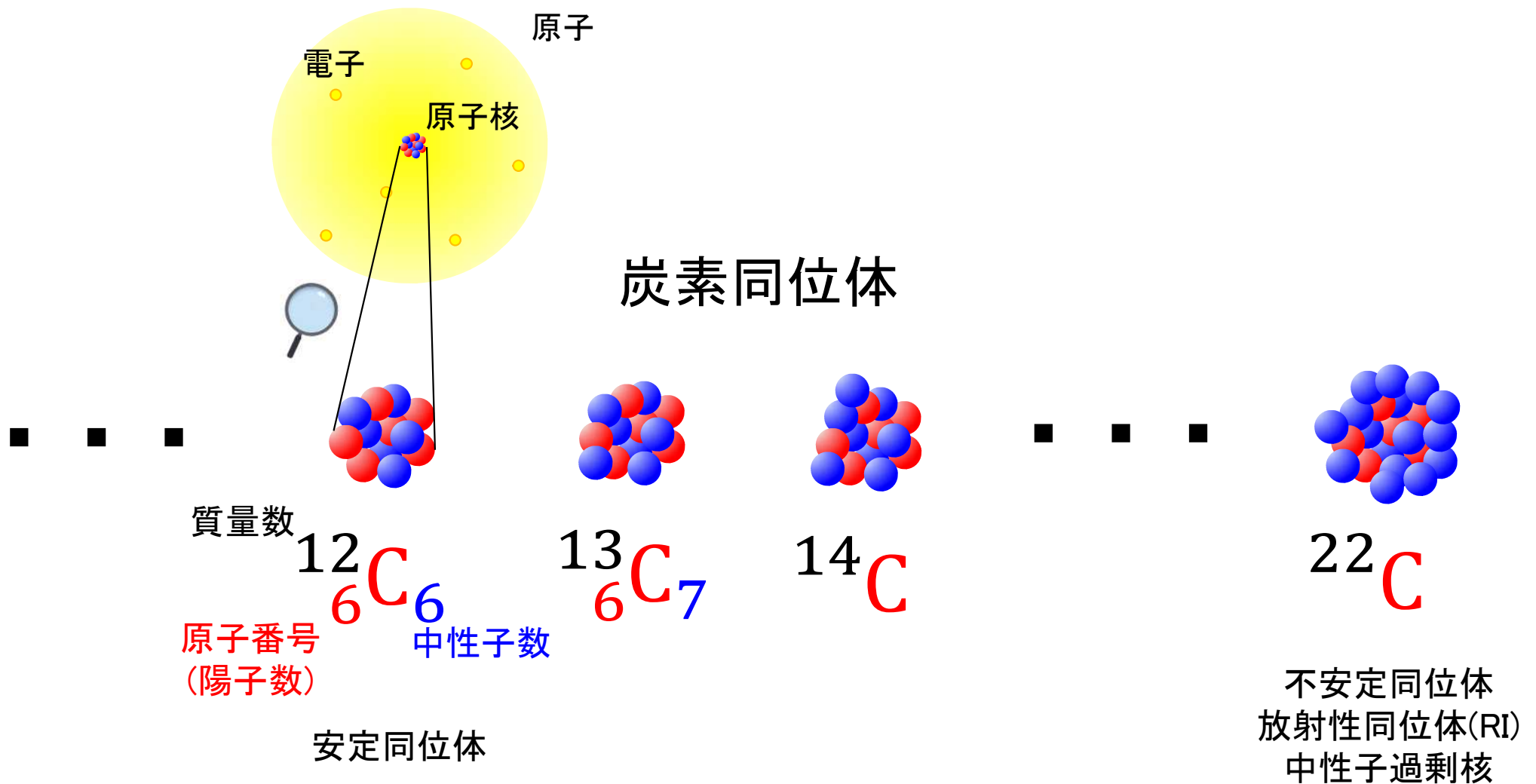


小林 信之

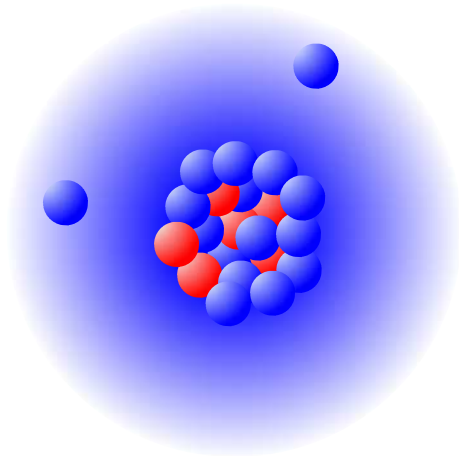
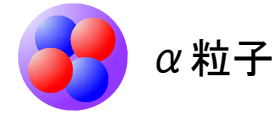
大阪大学 核物理研究センター



原子核と同位体

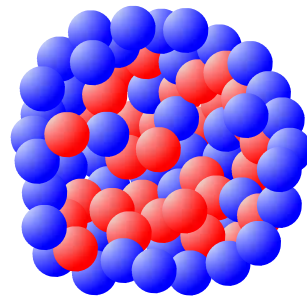


多彩な原子核の形と構造



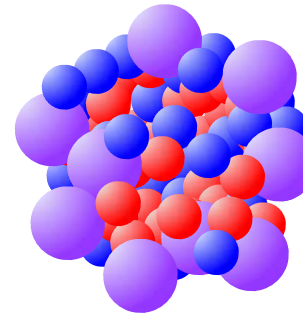
^{22}C

中性子ハロー核



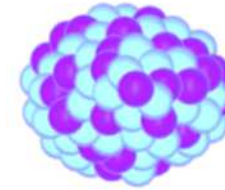
^{208}Pb

(陽子数82, 中性子数126)
中性子スキン

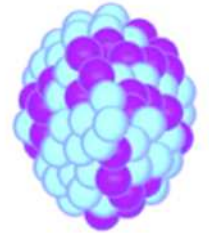


^{120}Sn

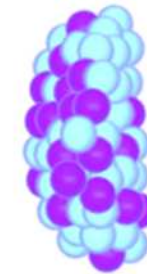
α クラスタ



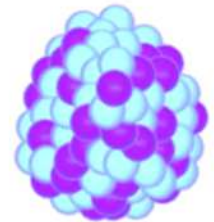
パンケーキ型



葉巻型
レモン型



バナナ型



洋梨型

多様な変形様式

核図表フロンティア

- 原子核の存在限界は？核力、量子多体系の物理
- 弱束縛/ pn アンバランス → 表面の特異構造

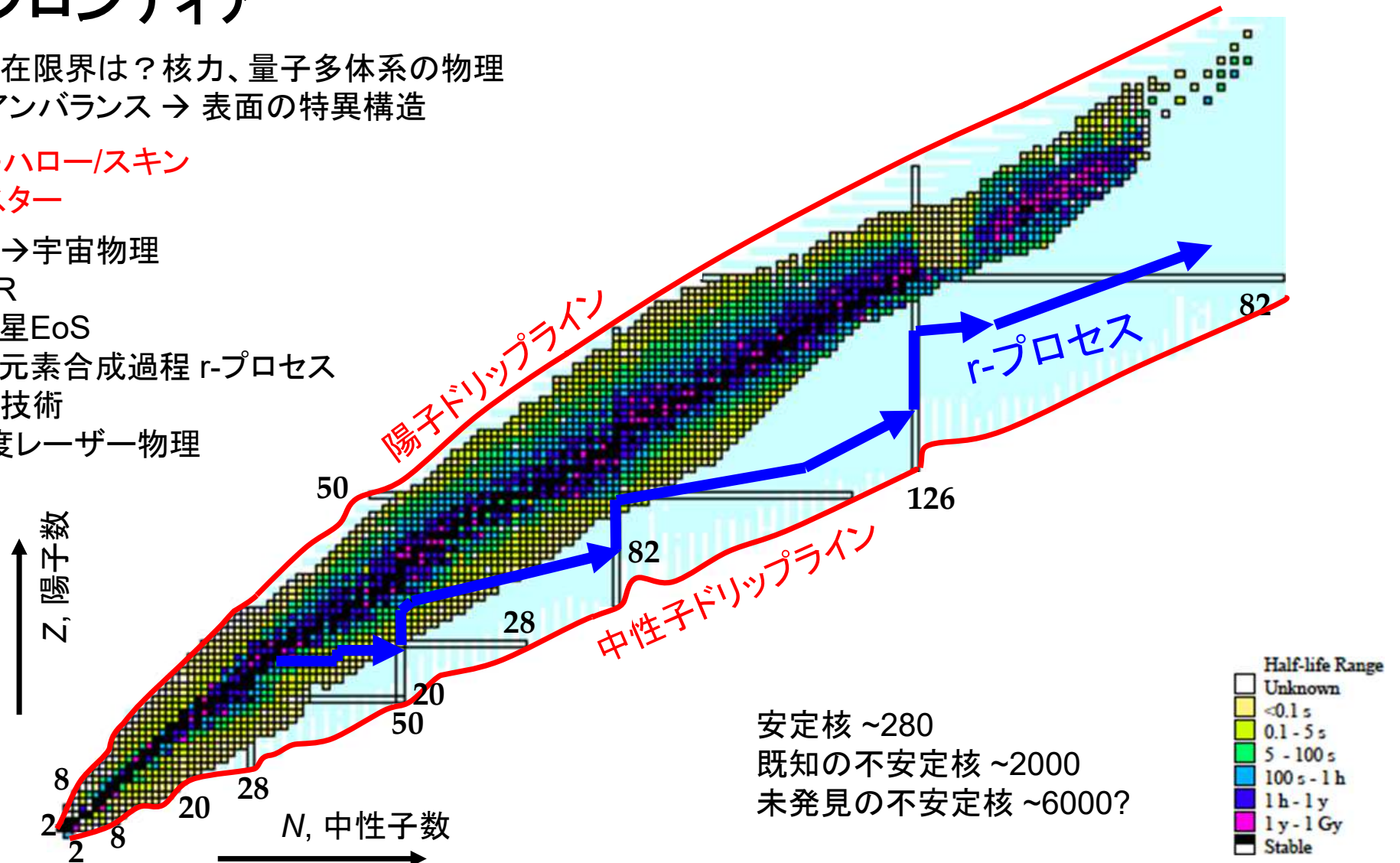
- 中性子ハロー/スキン
- α クラスター

- 原子核物理 → 宇宙物理

- UHECR
- 中性子星EoS
- 爆発的元素合成過程 r -プロセス

- 核物理実験技術

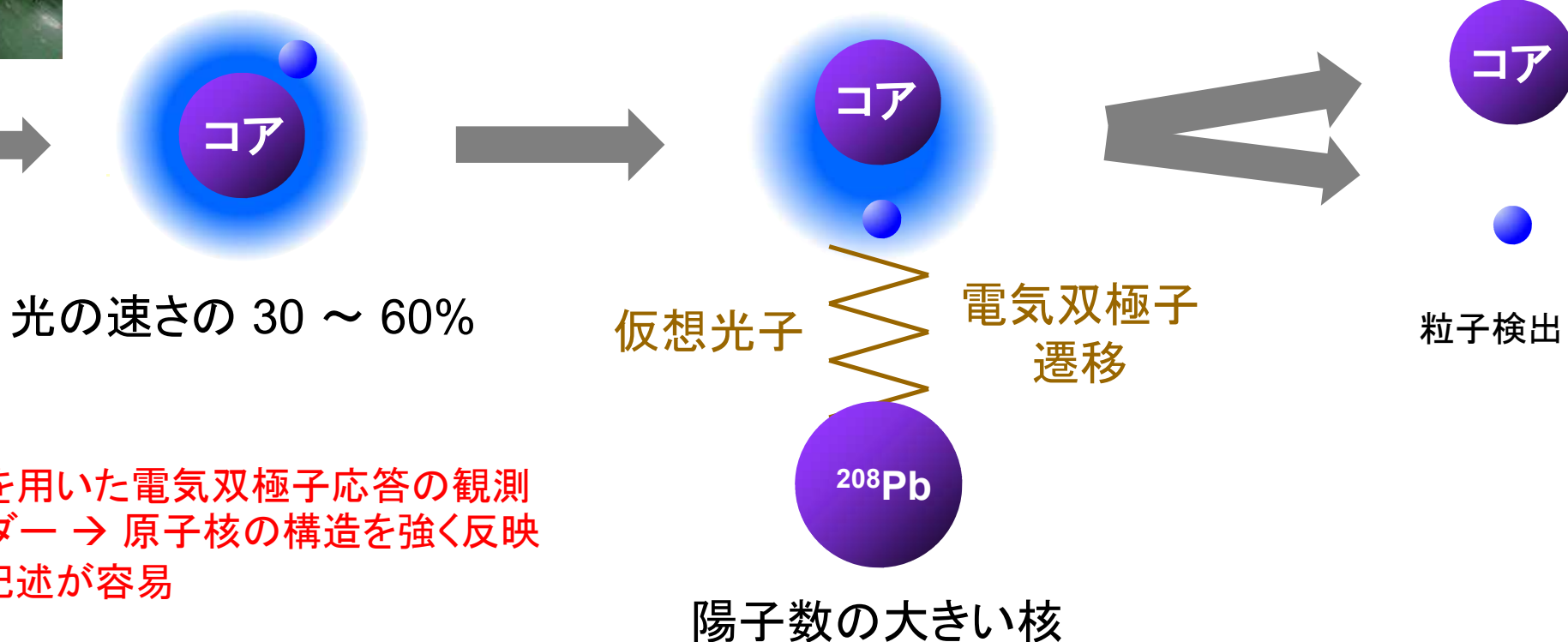
→ 超高強度レーザー物理



分極現象(電気双極子応答)を用いた核構造研究



サイクロトロン/
不安定核生成ビームライン

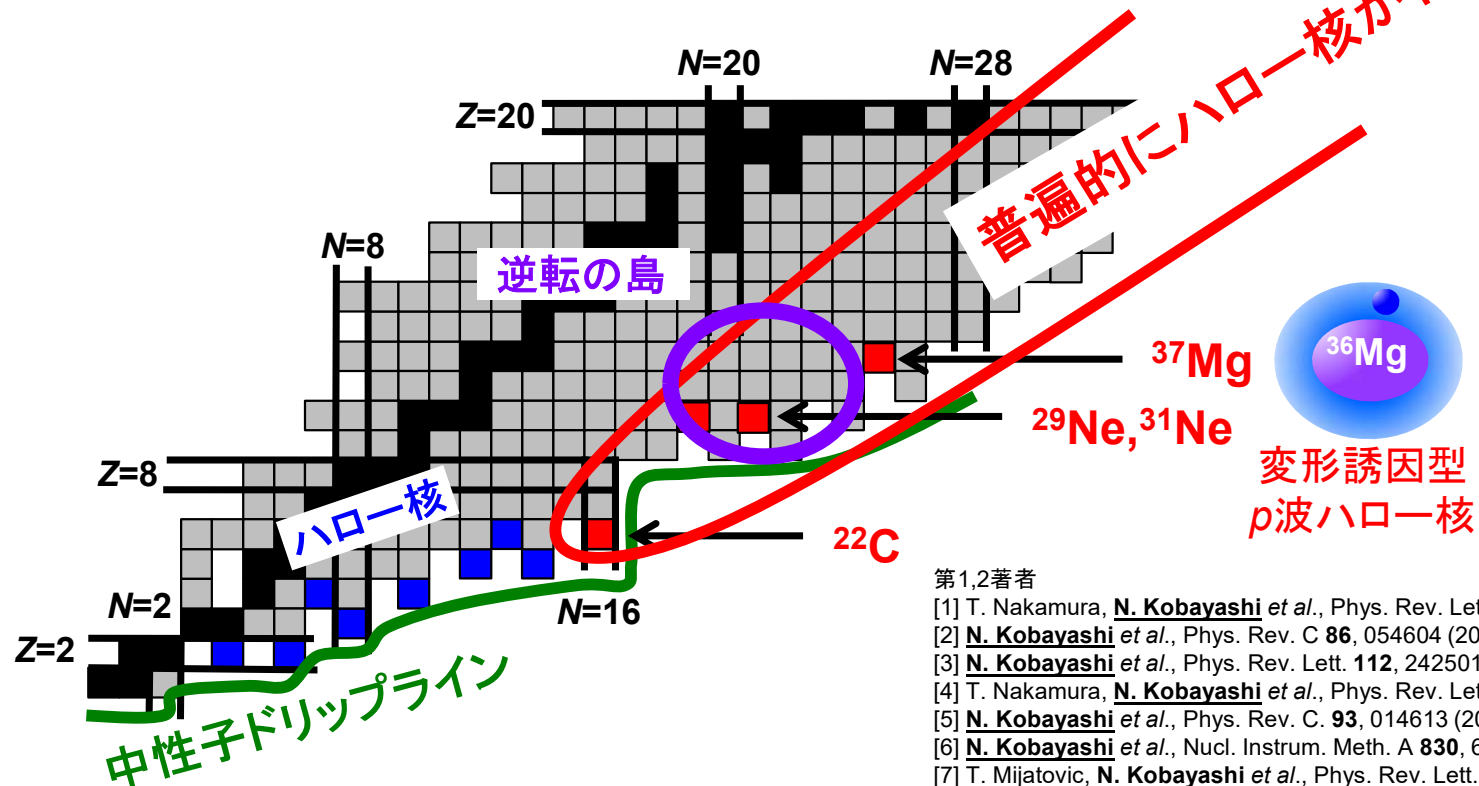


鍵となる技術:

クーロン励起を用いた電気双極子応答の観測

- 1次のオーダー → 原子核の構造を強く反映
- 理論的な記述が容易

分極現象(電気双極子応答)を用いた核構造研究



第1,2著者

- [1] T. Nakamura, **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 262501 (2009).
- [2] **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. C **86**, 054604 (2012).
- [3] **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 242501 (2014).
- [4] T. Nakamura, **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 142501 (2014).
- [5] **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. C. **93**, 014613 (2016).
- [6] **N. Kobayashi** *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A **830**, 67 (2016).
- [7] T. Mijatovic, **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. Lett. **121**, 012501 (2018).
- [8] C. Loelius, **N. Kobayashi** *et al.*, Phys. Rev. Lett. **121**, 262501 (2018).
- [9] **N. Kobayashi** *et al.*, Euro. Phys. J. A **55**, 231 (2019).
- (+ CAGRA+GR papers 4 報 + PhD. Thesis 2 報)

電気双極子応答の研究@RIBF, NSCL, RCNP

- [10] 第12回日本物理学会若手奨励賞/原子核談話会新人賞 (2019 年).
- [11] アジア・太平洋物理連合 C. N. Yang 賞 (2020 年).
- [12] 令和3年度 大阪大学賞 若手教員部門 (2021 年).
- [13] 令和3年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (2021 年).

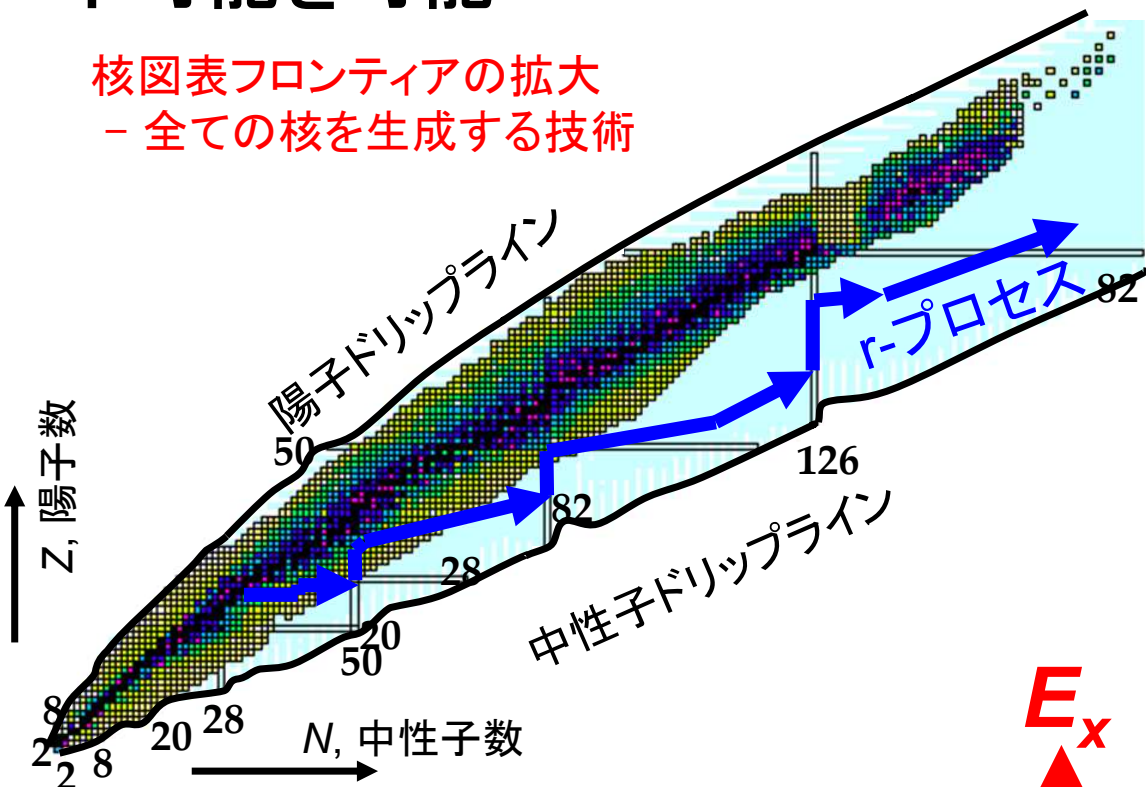
理研RIBF

米国超伝導
サイクロトロン研究所

阪大RCNP

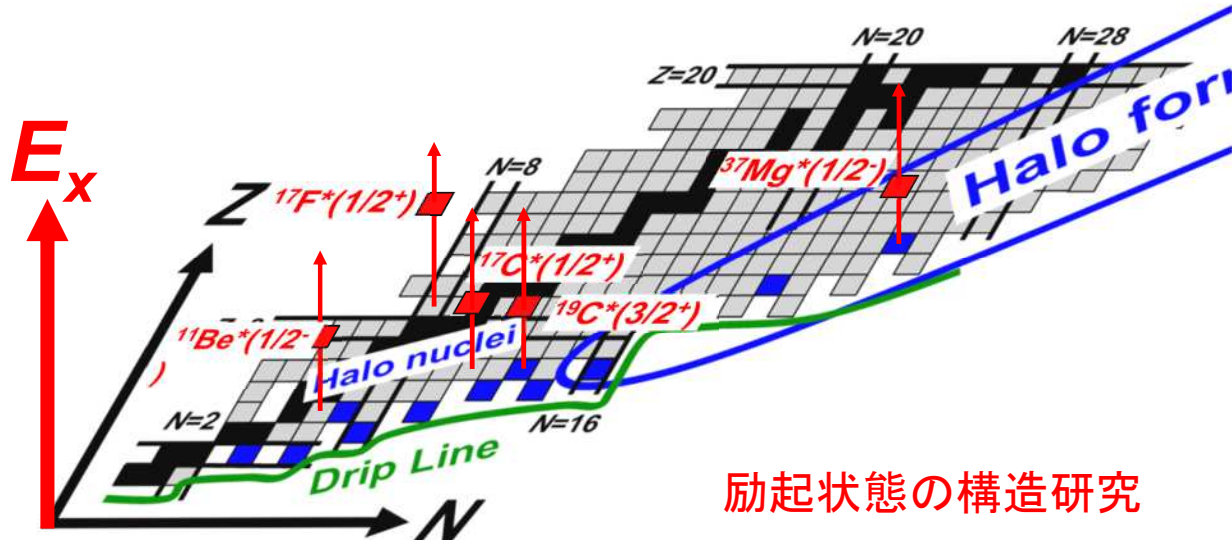
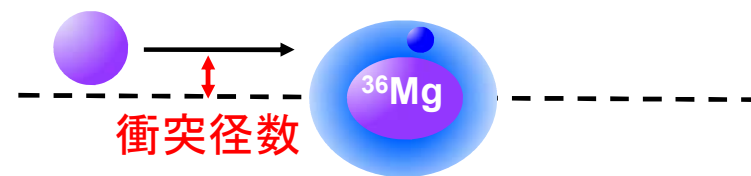
不可能を可能へ

核図表フロンティアの拡大
- 全ての核を生成する技術



原子核: 地球上で最もエネルギーギッシュな場所
→ 莫大な価値創造の可能性を秘めている量子系
→ 原子核を“コントロール”できれば、
人間社会は次のステージへ

加速器を用いた原子核顕微鏡
- 従来の電子顕微鏡の100万倍の分解能



励起状態の構造研究

アウトリーチと科学コンテンツ

- 阪大の高校生向けプログラム: SEEDS, Saturday Afternoon Physics
- コロナ禍のオンライン見学対応
- 広報・“YouTuber”としての活動
- 素人では限界がある → 科学者 × 広告代理店 = 科学振興
- クラウドファイナディング → 科学の価値・値段は?市場原理では測れない?

阪大RCNP発ノーベル賞級の研究?

種となるアイディアは多くあるが...

→ 研究時間捻出のため、仕事の効率化が鍵

- DXを強く推進

ペーパーレス、脱ハンコ、事務作業デジタル化

(科研費の電子申請はありがたい)

- 海外から日本へ来る研究者・学生のための環境整備

- 海外の研究所を越える快適な研究環境