中村研+原子核科学研究センター

郡司 卓/今井伸明

A2 サブコース合同大学院入試ガイダンス 2024

教員紹介

中村 哲 (物理教室)

中村 哲	nue@nex.phys.s.u-tokyo.ac.jp
酒見 泰寛	sakemi@cns.s.u-tokyo.ac.jp
今井 伸明	n.imai@cns.s.u-tokyo.ac.jp
矢向 謙太郎	yako@cns.s.u-tokyo.ac.jp
郡司 卓	gunji@cns.s.u-tokyo.ac.jp
山口 英斉	yamag@cns.s.u-tokyo.ac.jp

酒見 泰寛 (CNS)

今井 伸明 (CNS)

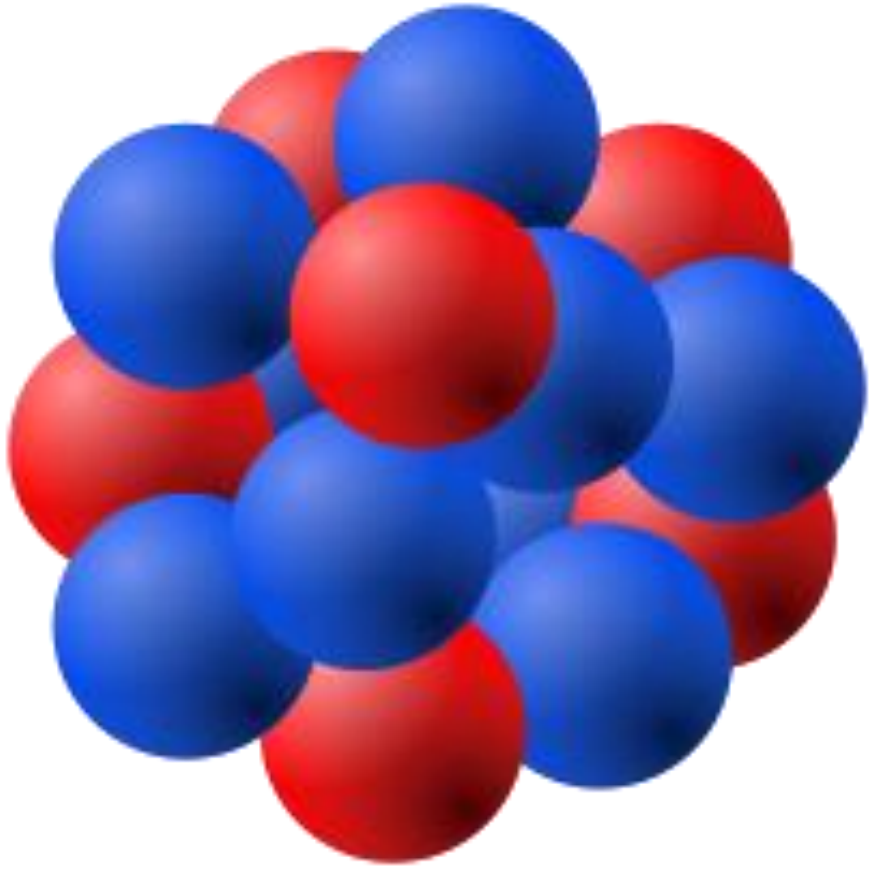
矢向 謙太郎 (CNS)

郡司 卓 (CNS)

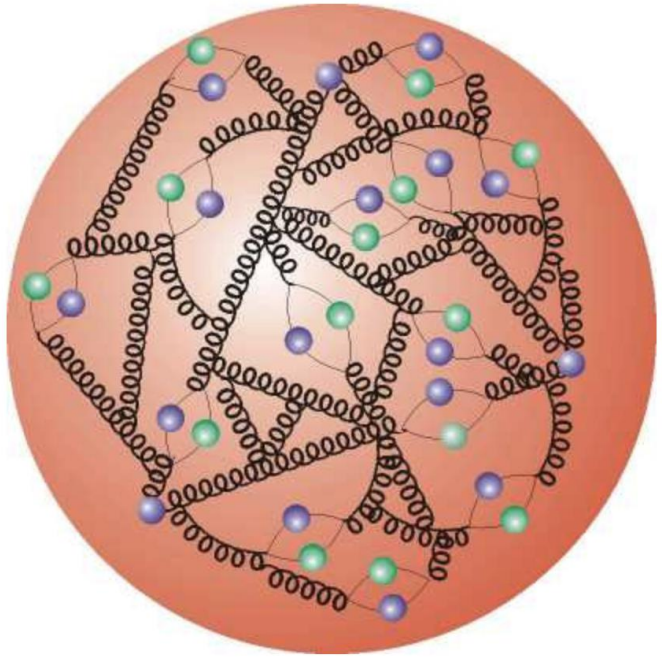
山口 英斉 (CNS)

原子核物理 =有限量子多体系

原子核 = 陽子と中性子の集まり　核子 = クォークとグルーオンの集まり

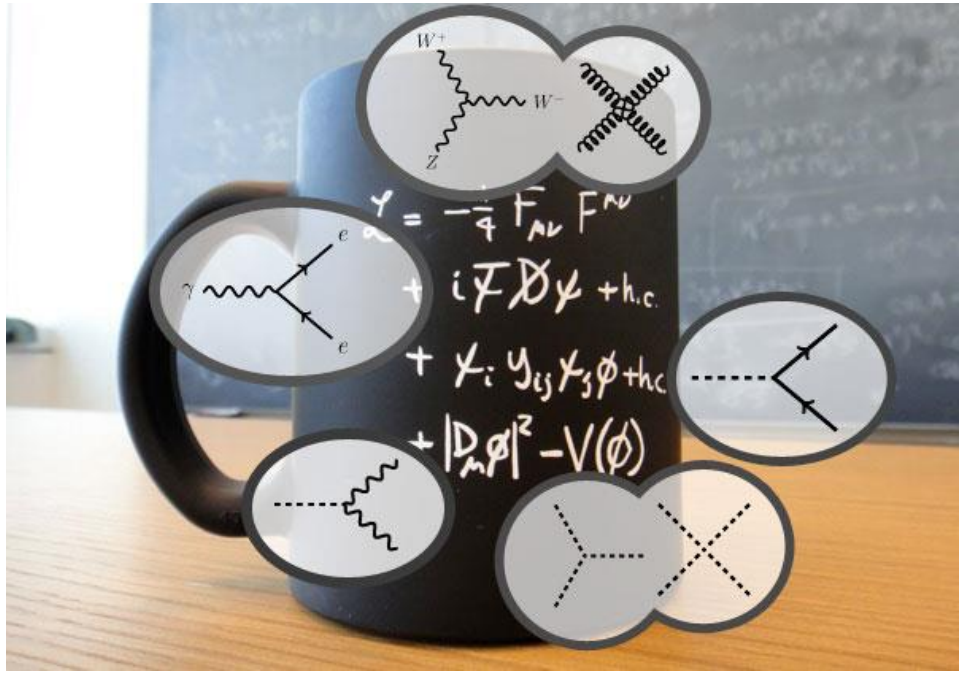


https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_nucleus



https://www.desy.de/news/news/archive_before_2010/2004/partphys_0710/index_eng.html

量子多体系は奥が深い！



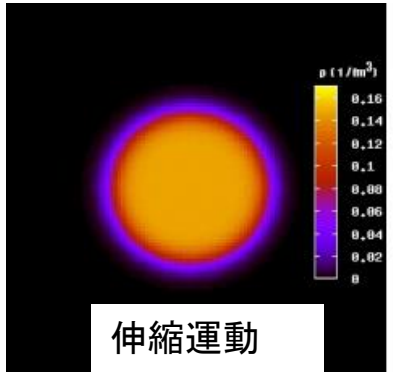
QCDの第一原理から、クォークや核子の多体系を統一的に理解することができるか？

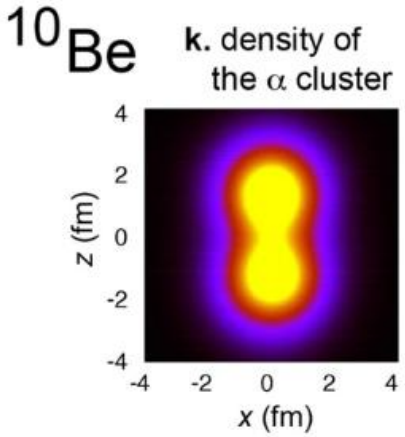
原子核を使って、「標準理論では予想もつかない量子多体系の豊かな世界」を解明

存在から発展の物理への架け橋

原子核の構造、超重元素と存在限界
核子の集団運動や原子核の形
超新星爆発や中性子星・ブラックホールの形成
連星中性子星の合体，宇宙の元素合成
核子の質量の起源、クォークの閉じ込め
初期宇宙の物質の発展、中性子星の内部構造
高温のクォーク物質、高密度のカラー超伝導
…

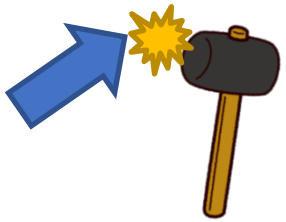
原子核実験

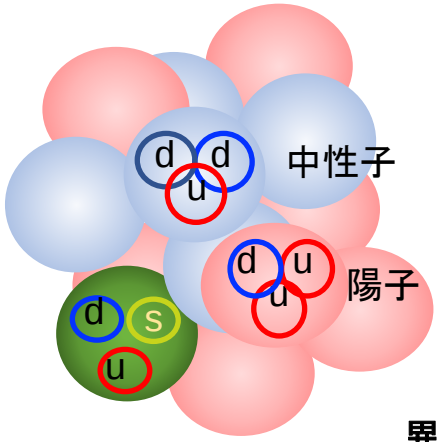




^{4}He直鎖状態

量子状態
(スピン、アイソスピン、エネルギー etc)
を変化

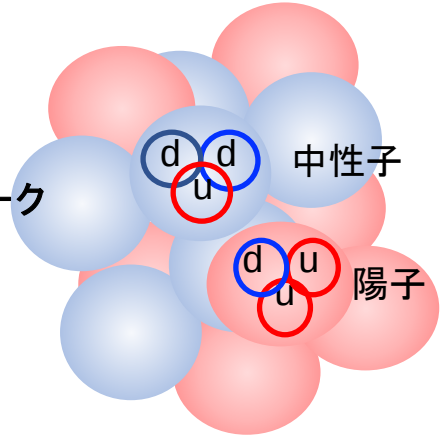




ラムダ粒子

ハイパー核

異なるクォーク
を追加

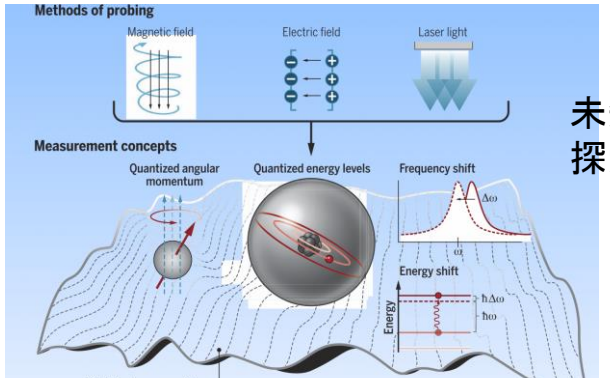


通常の原子核

加熱

レーザー極冷却

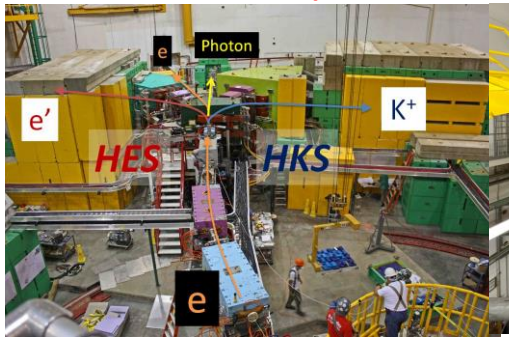
超重元素生成
メカニズム

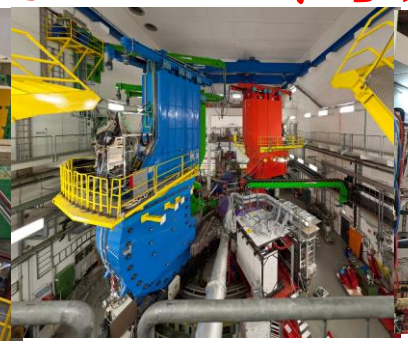


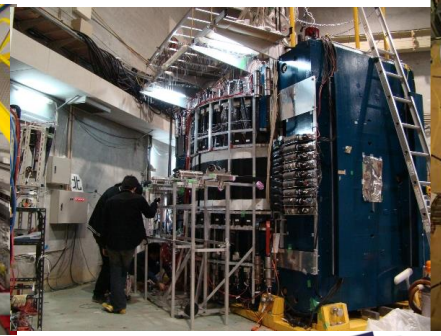
未知の素粒子
探索

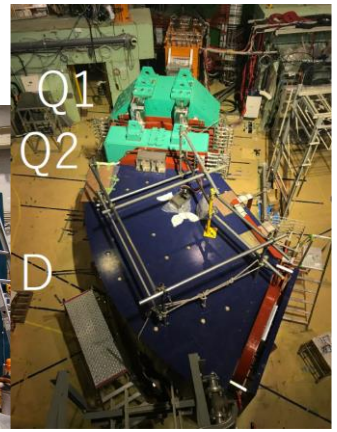
中村研：ストレンジネス核物理

中性子星のミニチュア、ハイパー原子核を地上で研究する

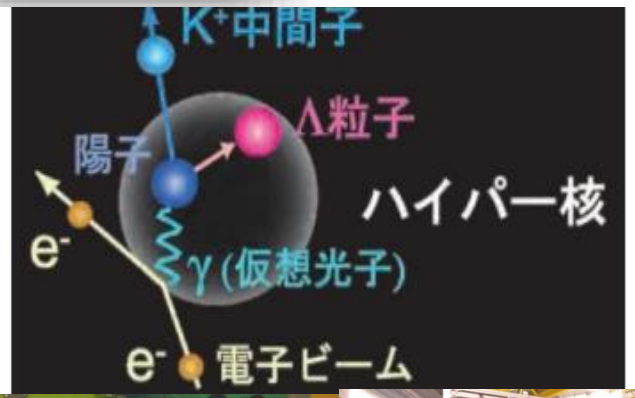






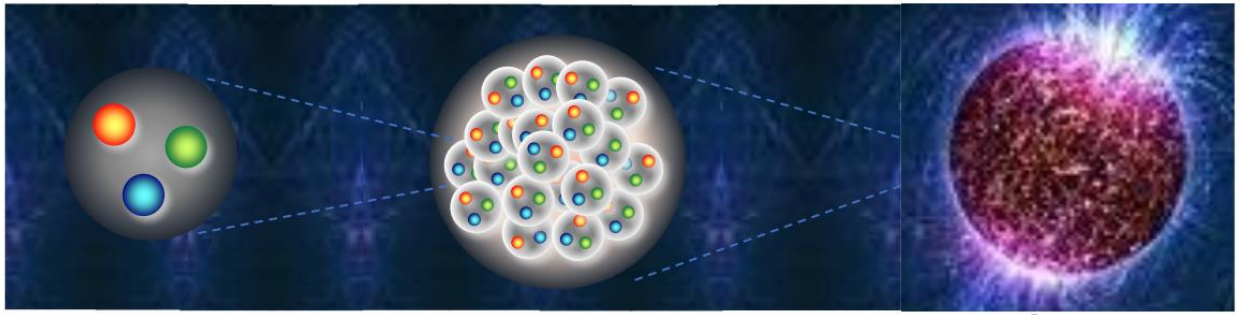


Jefferson Lab　JG|U JOHANNES GUTENBERG UNIVERSITÄT MAINZ　TOHOKU　大強度陽子加速器施設 J-PARC



世界中の大型粒子加速器を駆使し、核子(陽子、中性子) に加えてストレンジクォークを含むハイペロンから構成されるハイパー原子核実験を推進
核子～中性子星まで強い相互作用をする量子多体系の統一的理解を目指した近代的な原子核物理学の実験研究を展開

核子　(ハイパー)原子核　　中性子星

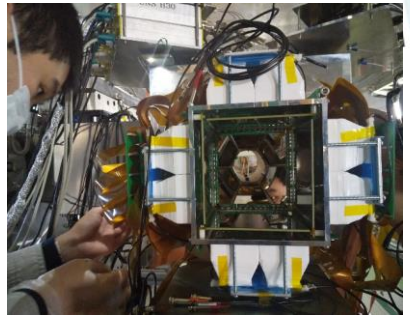


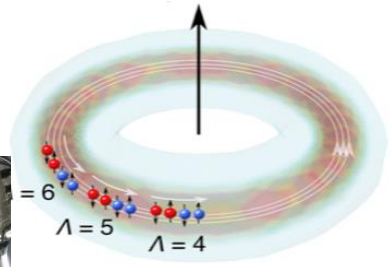
10^{-15} m　　10^{4} m

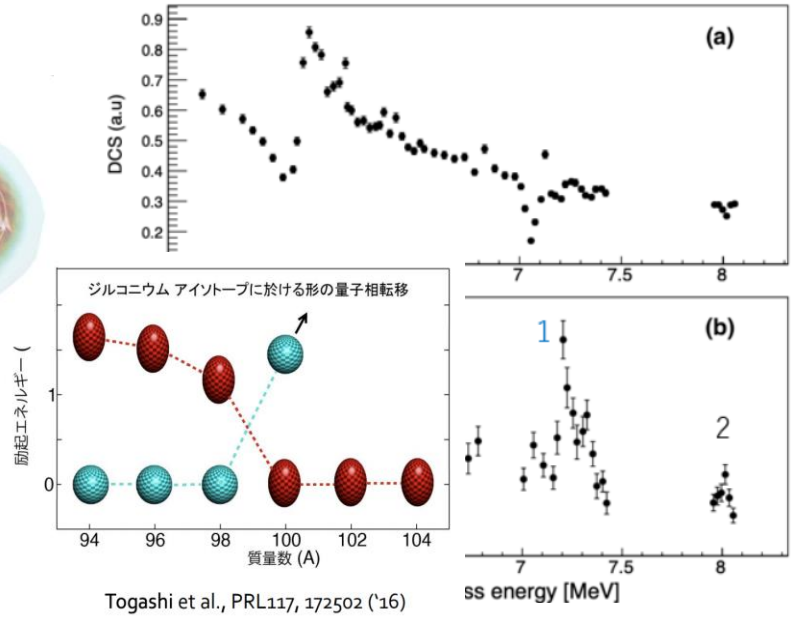
今井研：極限核構造

陽子、中性子という二つのフェルミオンの自己組織化により創生される原子核での秩序とその背後にある機構の解明を実験的に明らかにする

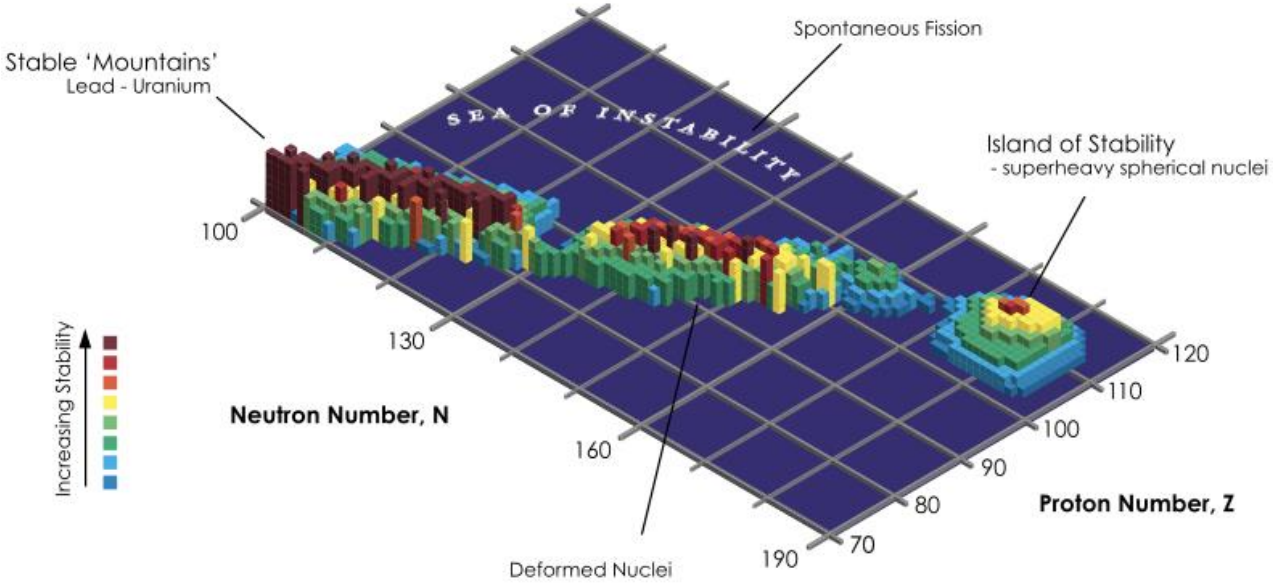
新奇な集団運動の創発
新しい核構造
量子相転移
究極の超重原子核と安定の島







Togashi et al., PRL117, 172502 ('16)

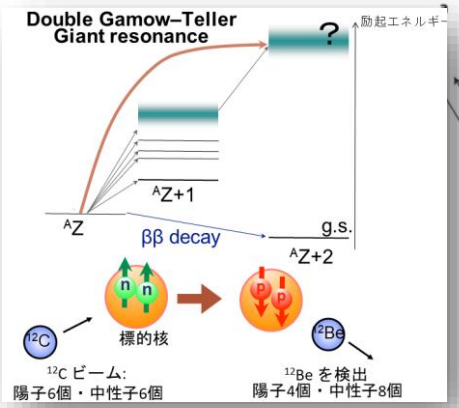


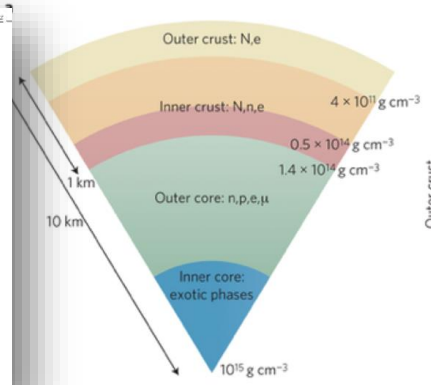
矢向研：エキゾチック核反応

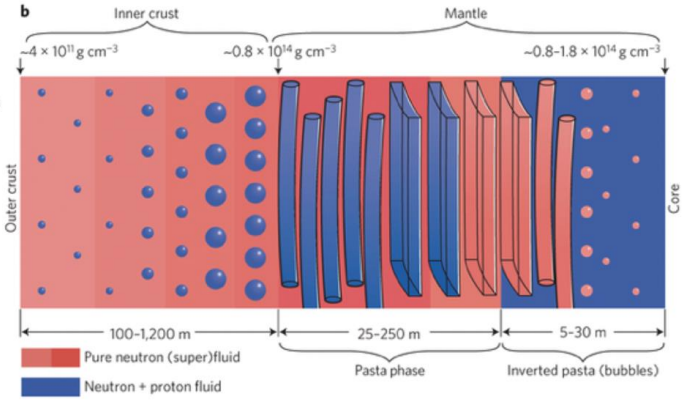
原子核散乱を通して、原子核の応答を調べることで原子核の新しい様相、集団性を生み出す相互作用の研究を進めています

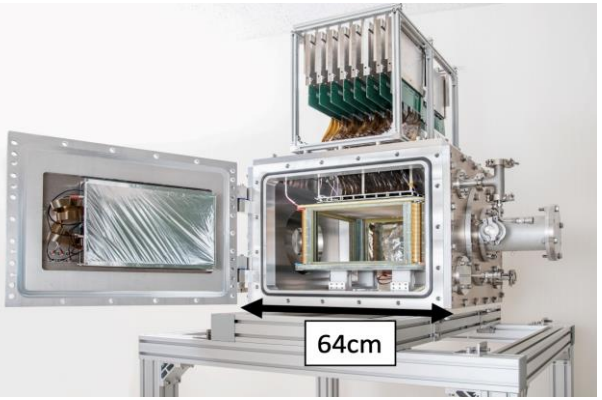
原子核の集団励起モードの探索

- 二重ガモフテラー巨大共鳴の探索と二重β崩壊の核行列要素
- アイソマービーム開発とエキゾチック核の巨大共鳴



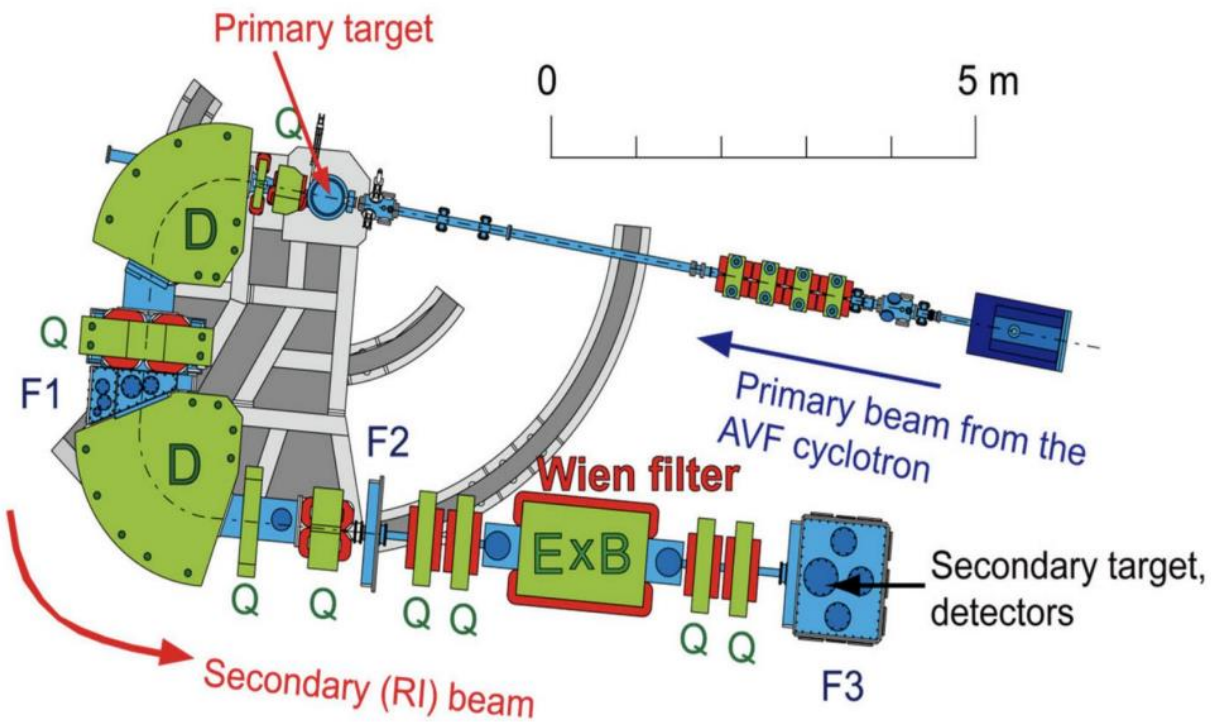






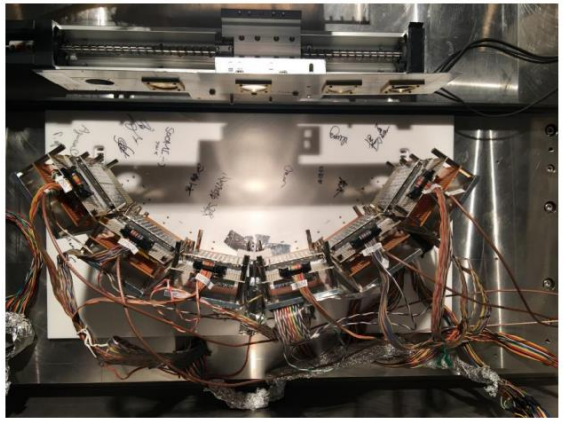
山口研：宇宙核物理

宇宙における元素合成、ビッグバンや超新星爆発、X線バーストなどの爆発的現象にて起こる特殊な元素合成を核反応の点から理解する。
原子核共鳴の観測により、原子核の陽子ハローや、αクラスター構造といった、特徴的な構造の解明を目指す。



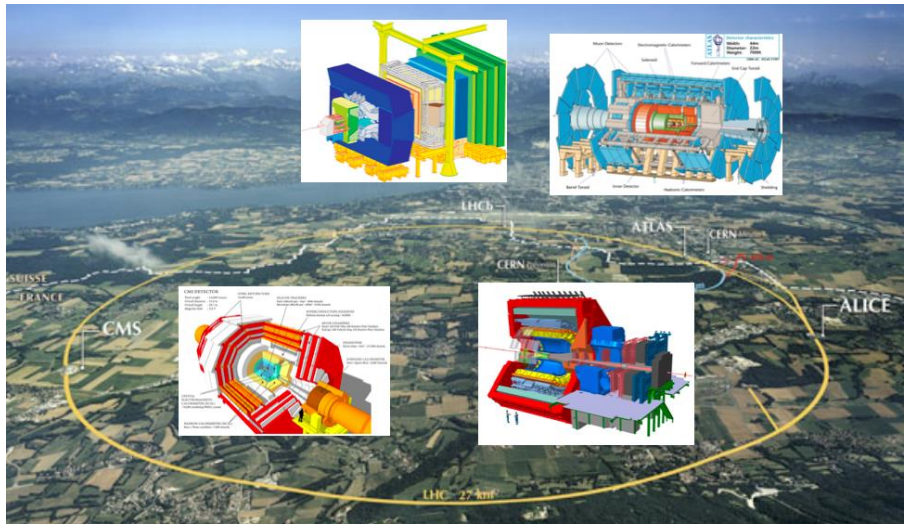
原子核の性質から宇宙の元素の起源へ

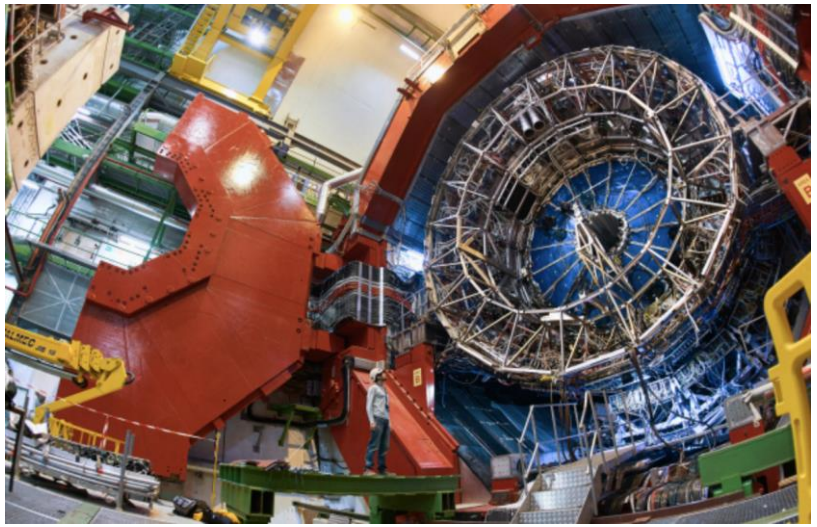
天体における元素合成・エネルギー生成
銀河からやってくるガンマ線の起源
特殊なクラスター配位をもつ原子核の探索
ビッグバン元素合成における過剰 7Li 問題
宇宙核反応測定

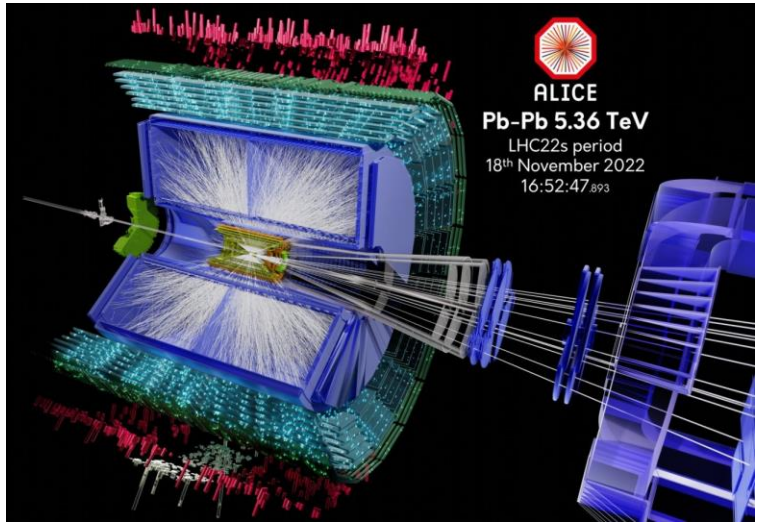


郡司研：クォーク物理

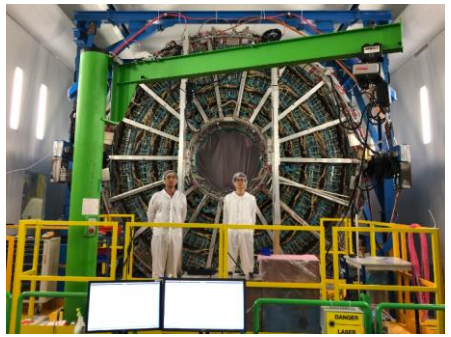
ビッグバン直後の初期宇宙に存在した、超高温クォーク物質(クォーク・グルーオンプラズマ)を実験室で生成し、その性質を探ることで、初期宇宙の物質状態やQCD相転移(クォークの閉じ込め・カイラル対称性の破れとハドロンの質量獲得)といった物質創生の謎を解明していきます。





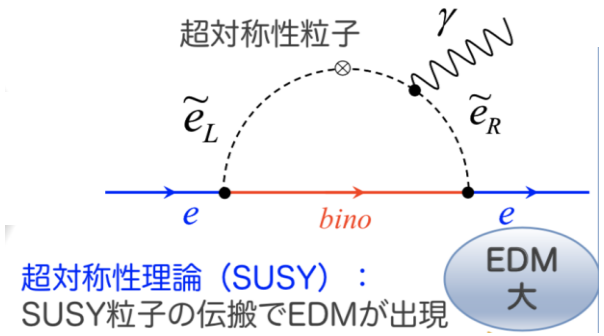


高温QGPの物性
高密度QCDの相構造と相転移
新物質相・カラー超伝導相の探索
初期宇宙・中性子星内部構造

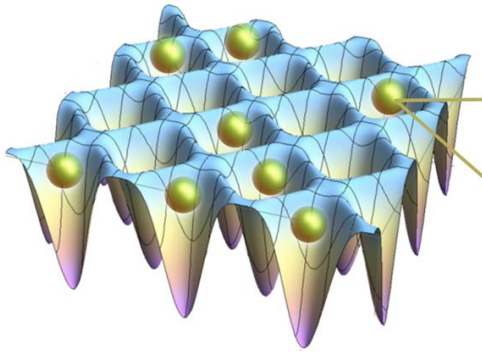


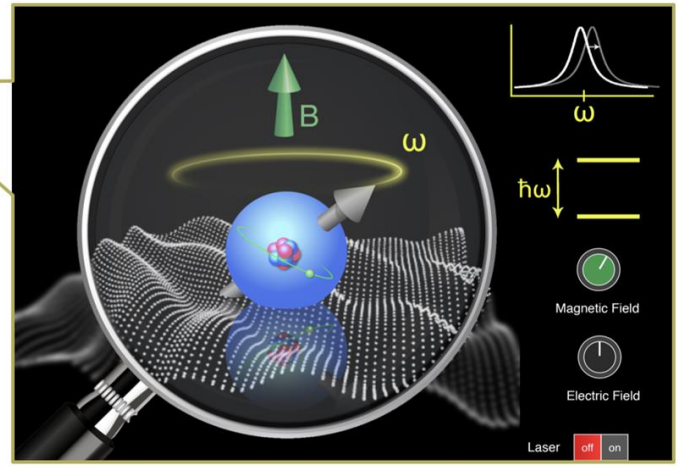
酒見研：基本対称性

反物質消失機構、暗黒物質の実体など、宇宙太古の物質創成の歴史を、基本対称性の破れを軸足に、解明して行きます。 極端な構造を持つ重い原子核では、未知の対称性や相互作用のシグナルが量子増幅され、 微かな基本対称性の破れを調べる顕微鏡の役割を果たします。**加速器とレーザーを駆使して、 光格子原子干渉計を用いた未知素粒子の物性を探る量子センシング技術を開拓しています。**



光格子原子干渉計　～　光の定在波で重元素を量子制御





CP対称性の破れを超精密量子計測で探索
~高エネルギー実験と相補的な実験

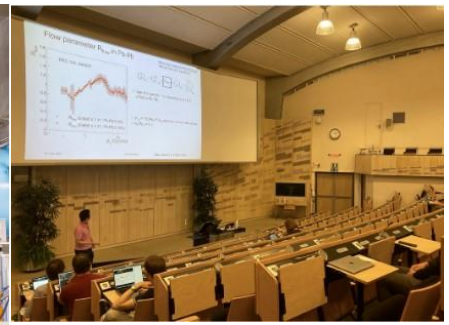
大学院教育

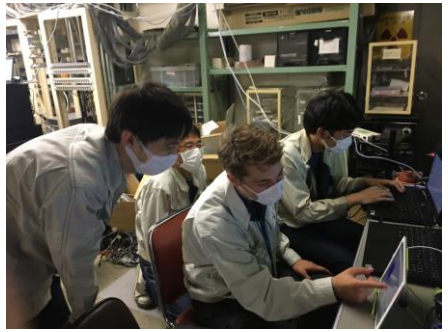
修士課程：多様な技術の習得

- 実験技術開発：最先端検出器・エレクトロニクス・データ収集系
- 様々な実験への参加（検出器準備、コミッショニング、運用）
- データ解析

博士課程：国際的な研究者への育成

- 本人が主となる実験の立案、開発、コーディネート
- 海外での研究、長期滞在(Jlab, CERN, etc)





最後に

- 中村研のホームページ https://www.nex.phys.s.u-tokyo.ac.jp/
- CNSのホームページ https://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/
- これからの予定
  - 6月2日(金)：原子核科学研究センターオンライン相談会
    - https://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp//ja/post/2023/2023-04-21/
  - 6月17日(土):J-PARC見学会
    - https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/j-parc2023/
  - 6月18日(日)：原子核科学研究センター和光分室&理研加速器施設見学会
    - https://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp//ja/post/2023/2023-04-21/