物理第二分野の各分科の説明（10:55-11:35）

順番	時刻	分科	
1.	10:55	素粒子論（物２＋基研）	理論
2.	10:59	原子核論（物２＋基研）	理論
3.	11:03	天体核物理学（物２＋基研）	理論
4.	11:07	原子核・ハドロン物理学	実験
5.	11:11	素粒子物理学	実験
6.	11:15	宇宙線物理学	実験
7.	11:19	ビーム物理学	実験
8.	11:23	レーザー物質科学	実験
9.	11:27	核放射物理学	実験
10.	11:31	核ビーム物性学	実験

素粒子論分科

説明担当: 杉本茂樹（物理第二）

素粒子論とは？

物質や時空の起源や、それらが従う最も基本的な物理法則を明らかにすることを目標とする学問。

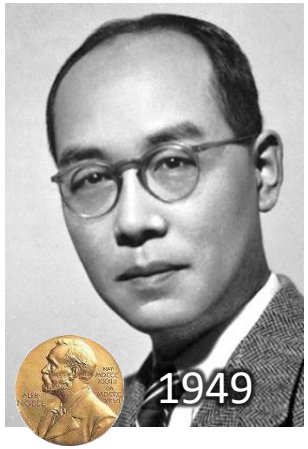
原子核よりも小さなスケールの究極にミクロな世界で起こっていることを理論的に解明すること目指す。

- いろいろな素粒子が存在するのは何故か？
- 時空は何故4次元なのか？
- 宇宙の誕生の瞬間には何が起こったのか？

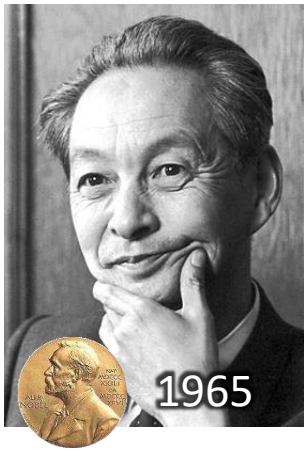
といった素朴な疑問に対する解答に迫りたい。

研究室の先輩たち

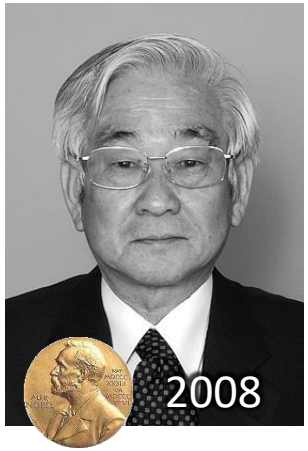
http://www.nobelprize.org/



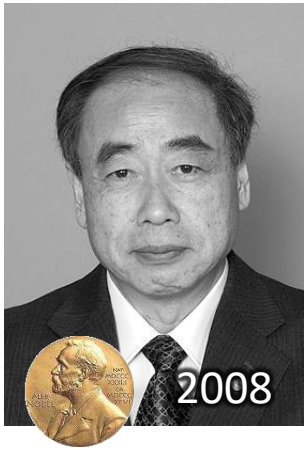
湯川秀樹



朝永振一郎



益川敏英



小林誠

中間子論

「素粒子論」を創始。
基研初代所長

くりこみ理論

素粒子相互作用の量子論的記述を定式化

ＣＰ対称性の破れ

我々の宇宙に必要な破れを６種のクォークにより説明

こんなことを目指しています

- 素粒子やその間に働く力の統一理論を構築する。
- 暗黒物質や超対称粒子などの未知の素粒子を含む新しい素粒子模型を提案する。
- 矛盾のない量子重力理論を構築する。
- 重力を含む究極の統一理論の候補と期待される弦理論の性質を明らかにする。
- 強結合の場の量子論の性質を明らかにする。
- 場の量子論や弦理論の数理物理的な側面を探求する。

こういうことをやりたかったら素粒子論へ！

２つの研究室（サブグループ）

物理学第二教室・素粒子論研究室

杉本茂樹、橋本幸士、福間将文、吉岡興一、杉山勝之、杉下宗太郎

博士課程 9名、修士課程 5名

基礎物理学研究所・素粒子論グループ

青木慎也、高柳匡、中山優、国友浩、笹倉直樹、高山史宏、伊藤悦子、寺嶋靖治

博士課程 12名、修士課程 7名

- 互いに協力しながらやっています。どちらも良い研究室です！
- 物理教室の方が研究室の一体感は強いと思います。（個人的感想）
- 基研の方が国際的です。（外国人が常に出入りしており、セミナー等は英語）
- Web page に載っている各教員の研究内容等も参考にしてください。
- 6/14 のローレンツ祭に来て頂けると院生も含めて話ができます。

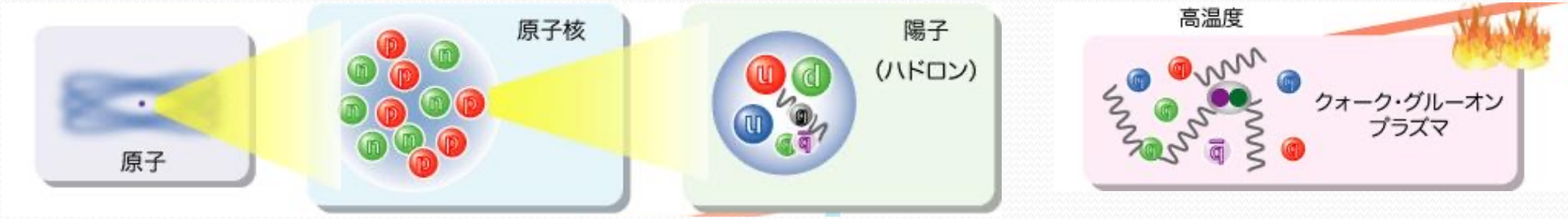
京大原子核理論グループ

- **物理第二教室(物2)　構成員**
  - スタッフ: 萩野浩一(教授), 菅沼秀夫(准教授),
    金田佳子(准教授), 土居孝寛(助教)
  - 研修員: 1名
  - 大学院生: DC3(2), DC2(1), DC1(1) , MC2(2), MC1(1)

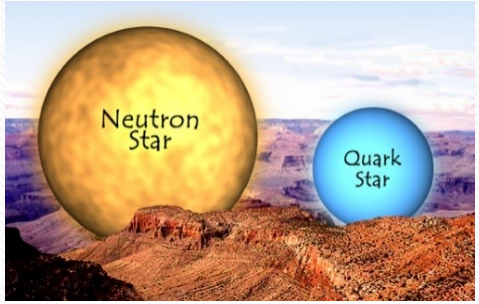
- **基礎物理学研究所(基研)　構成員**
  - スタッフ: 日高義将(教授), 北沢正清(講師),谷崎佑弥(助教)
  - ポスドク: 2名
  - 大学院生: DC3(1), MC2(3), MC1(2)

両グループ一体となった教育と研究を行っている。
大学院生14名中他大学出身者4名(含:受託院生1人)

研究課題：原子核からクォーク・グルーオンまで



- **原子核の構造と反応**
  - アイソスピン非対称度と励起エネルギーに依存する多彩な現象
  - 核子多体系の魅せる多様な量子相構造
  - 天体中での核反応、元素合成と中性子過剰核
  - 超重元素と核分裂などの非平衡現象



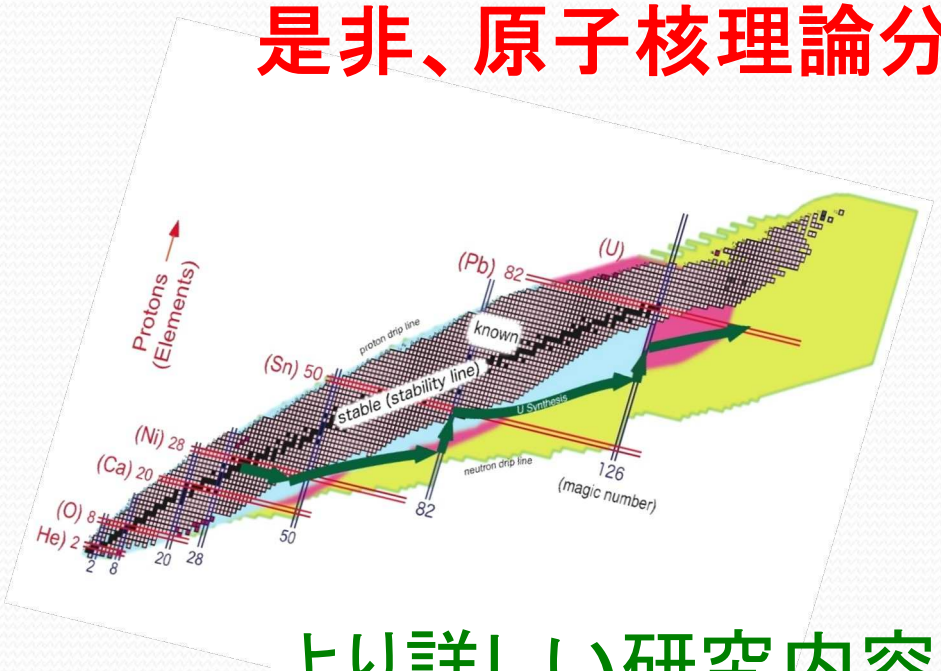
- **クォーク・ハドロン物理学**
  - クォーク・グルーオン「真空の相転移」(対称性の自発的破れ)
  - ハドロンの構造と動力学、原子核中のハドロン
  - 高温高密度クォーク・ハドロン物質(数兆度＆千兆g/ccの世界)
  - 格子QCD(QCD＝量子色力学:クォーク・グルーオンの基礎理論)

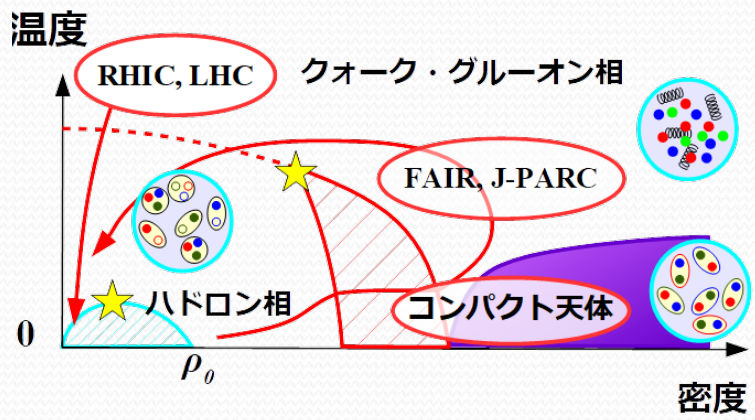
まとめ

- 「もの」に即した物質の起源
- 強い相互作用する量子多体系のダイナミクス
- 量子力学や場の理論の物質への応用

に興味のある方、

是非、原子核理論分科を選択してください！





より詳しい研究内容は、午後の研究室見学（5号館533号室＋Zoom）で説明します。

天体核

物2-基研宇宙グループ

天体核研究室(理学部)

教授:　田中(貴)

准教授:　細川

助教:　瀬戸、山田(良) 、大宮(特定)、武田(白眉、連携)

基礎物理学研究所

教授:　向山、井岡、

柴田(大)[Potsdam, Max Planck研究所長併任]、

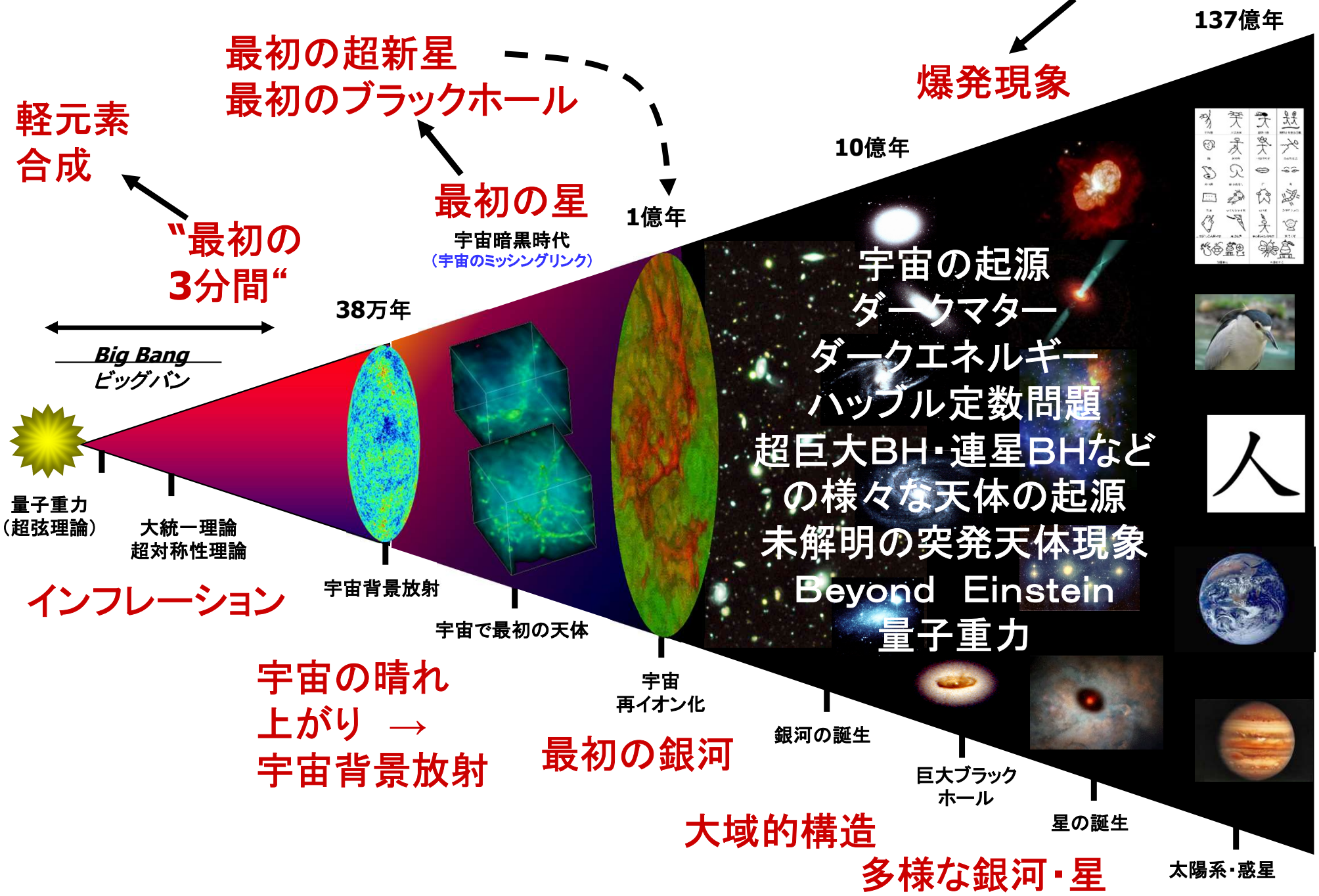
准教授: 樽家、De Felice

講師: 大屋

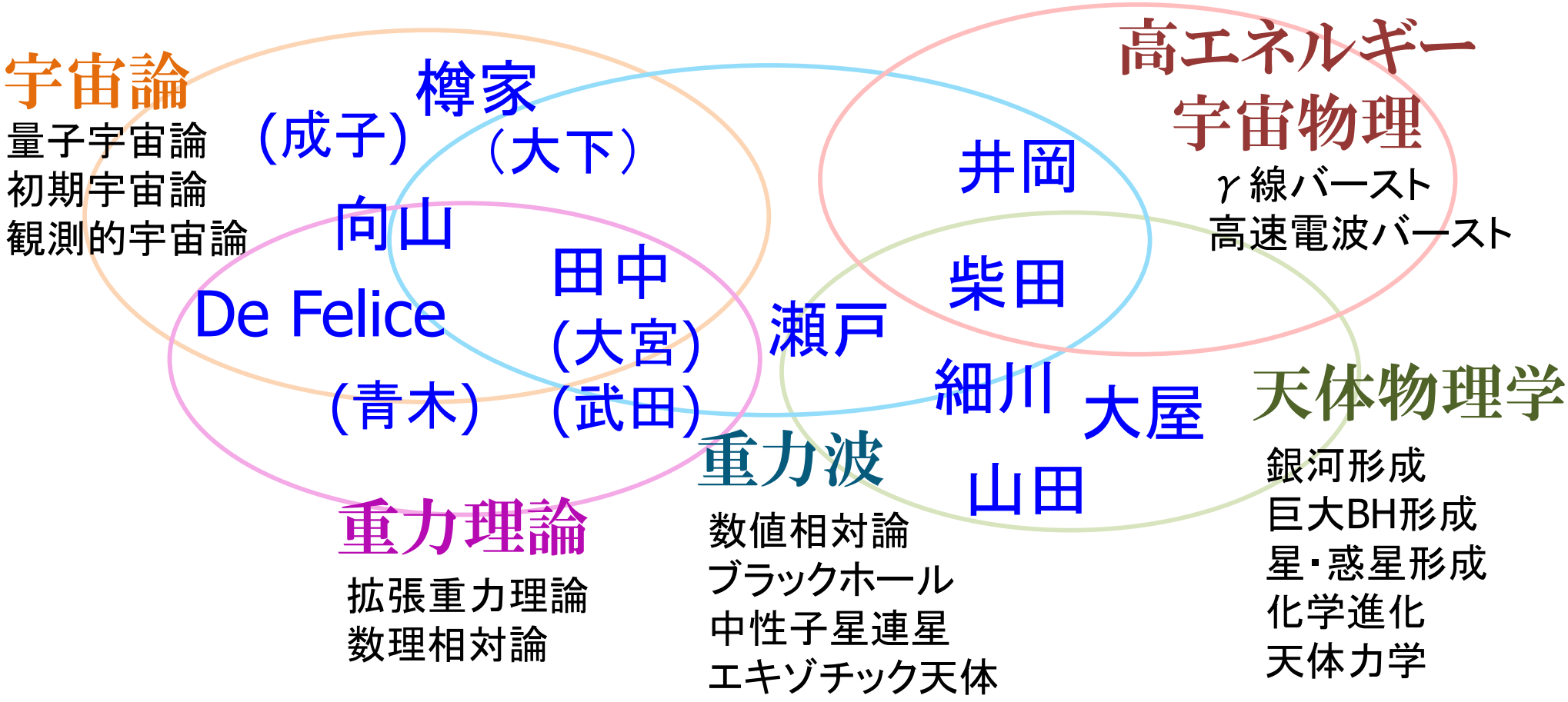
助教: 成子(特定)、青木(特定)、大下(白眉、連携)

他にも特任助教などの研究員多数

研究対象


恒星・惑星・生命
137億年
最初の超新星
最初のブラックホール
爆発現象
軽元素
合成
10億年
最初の星
1億年
宇宙暗黒時代
（宇宙のミッシングリンク）
“最初の
3分間“
38万年
Big Bang
ビッグバン
宇宙の起源
ダークマター
ダークエネルギー
ハッブル定数問題
超巨大BH・連星BHなど
の様々な天体の起源
未解明の突発天体現象
Beyond Einstein
量子重力
量子重力
（超弦理論）
大統一理論
超対称性理論
インフレーション
宇宙背景放射
宇宙で最初の天体
宇宙の晴れ
上がり →
宇宙背景放射
宇宙
再イオン化
最初の銀河
銀河の誕生
巨大ブラック
ホール
大域的構造
星の誕生
多様な銀河・星
太陽系・惑星

天体核グループの教員分布



詳しく知りたい人は、教員に直接連絡してください。
みな、丁寧に説明します。

大学院生教育

- 教育は共通（天体核・基研で基本的には共通）
- 研究上の指導教員の選択は自由。
  興味に応じて指導教員を選ぶシステム。
- 研究員と自由に共同研究することも奨励
- 宇宙理論の広い領域をカバー (観測の進展とも連動)

参考）最近の修士論文のタイトル

質量比の極端な連星の自己力共鳴時の軌道進化
連星種ブラックホールへのガス降着と軌道進化
マグネター磁気圏における高速電波バーストの粒子散乱
ソフトヘアブラックホールからのホーキング放射の研究
光的測地線の漸近的振る舞いと光子球面の一般化
粒子軌道に基づくダークマターハロー中心部の密度構造の解析
宇宙最初のcold accretion発現と超大質量星形成の可能性
Horndeski理論における重力波の伝搬
合体するブラックホール連星における潮汐力によるアクシオン雲の消失
SO(N)とシフト変換に不変な一般化複数場ガリレオン理論
Fast Radio Burstの曲率放射機構への電磁気学的制限
Kerr ブラックホール周りにおけるアクシオンのダイナミクス
初代星形成における星周円盤の進化
低質量ブラックホール・中性子星連星の合体現象に対する 数値相対論的研究
Einstein-Gauss-Bonnet重力におけるエントロピーの上限と Generalized second law

天体核の語源

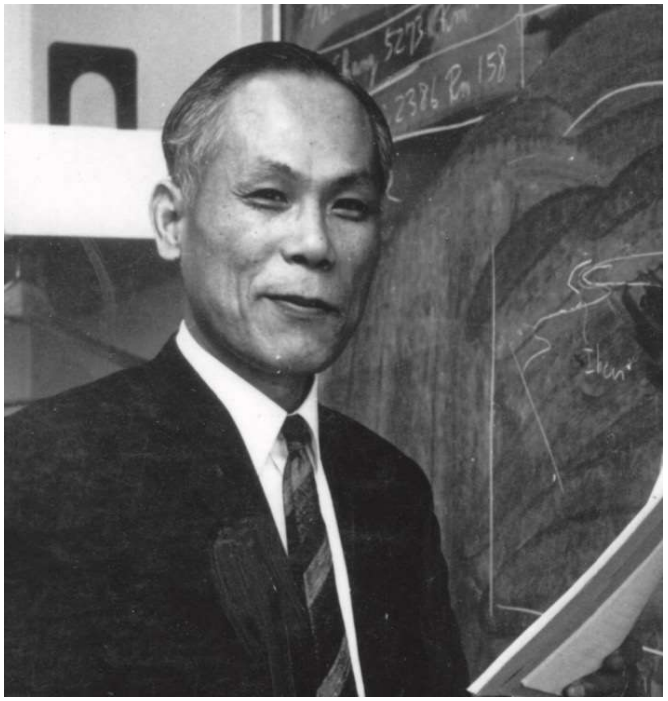
- 核物理を用いて、天体現象を解明することが、1957年に林忠四郎により創設当初の主な課題だった。
- 当時の進取の精神を引き継ぐ
- 天体核出身者による

  「学際」分野の開拓の実践：

  杉本大一郎、

  佐藤勝彦、

  中村卓史など



“参考文献のないテーマこそ、活躍の場がある”
常に新しいテーマにチャレンジする開拓精神

原子核・ハドロン物理分科紹介

研究室HP

- スタッフ：5名
- 大学院生：博士11名　修士15名
  （うち女性2名、8名/12年）
- 進路：
  阪大RCNP、原研、QST
  住重, トヨタ, ローム, 三菱UFJ銀行, 関電など

銭廣　十三
原子核

成木　恵
ハドロン

後神　利志
ストレンジネス核物理

堂園　昌伯
原子核

冨田　夏希
ハドロン

物質創成の謎を探る

ミクロなスケールで
物質誕生のメカニズムを
解き明かす

量子多体系

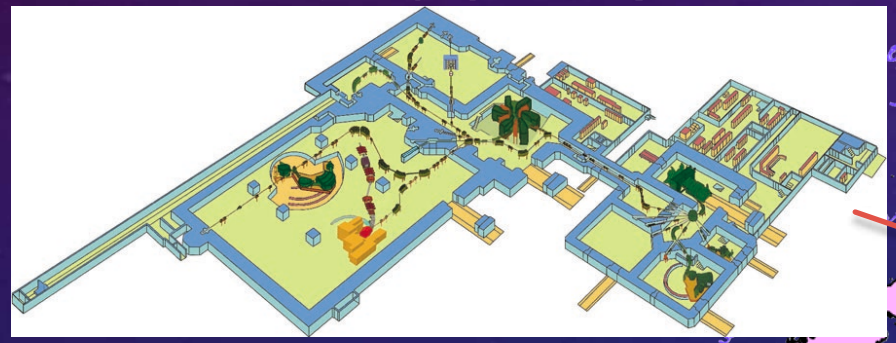
ハドロン：強い力 QCD
原子核：核力

原子核・ハドロン研究のための加速器施設

- 国内外の加速器施設を舞台に原子核・ハドロン研究室の教員・大学院生が研究を展開しています。

JLab@US

RCNP：世界最高分解能



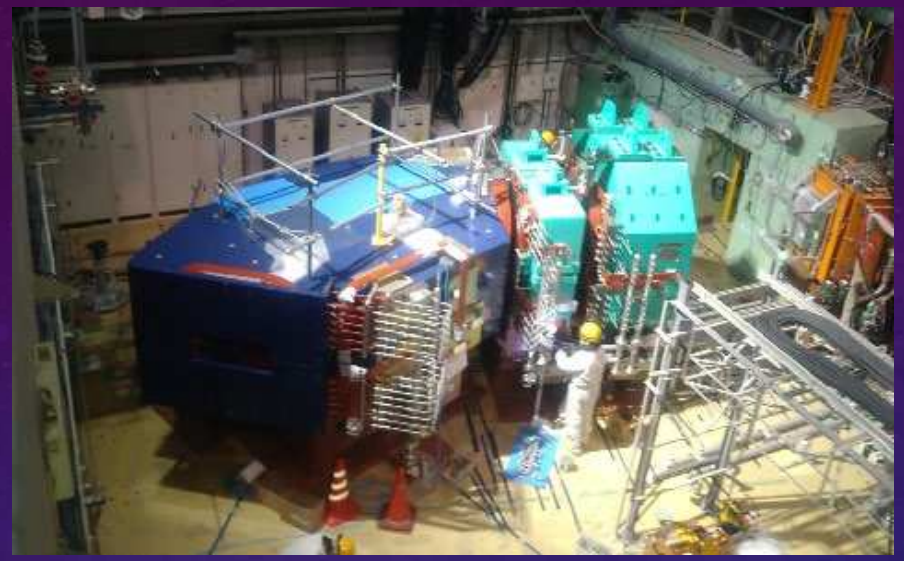
J-PARC：世界最高強度

RIビームファクトリー
世界最高強度

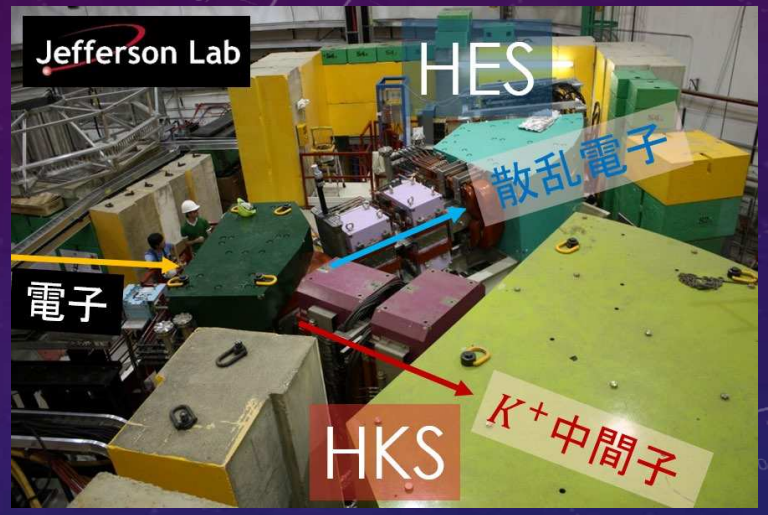
測定器群

大型スペクトロメータ、それに組み込まれる最新の測定器を開発・建設しています。

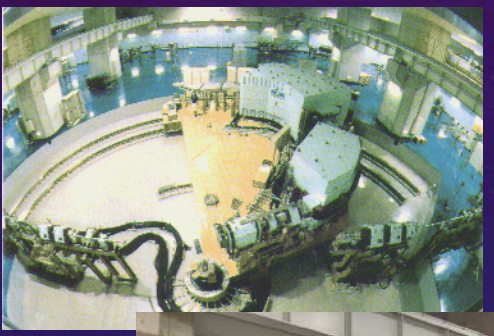
S-2S@J-PARC

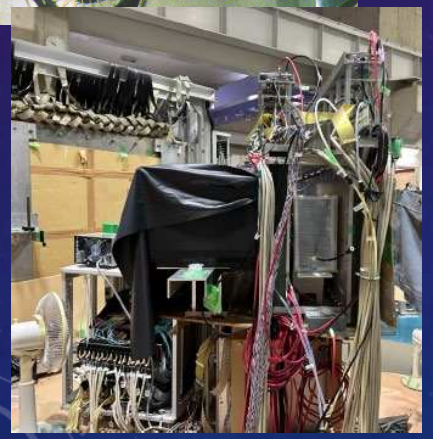


HES、HKS@JLab

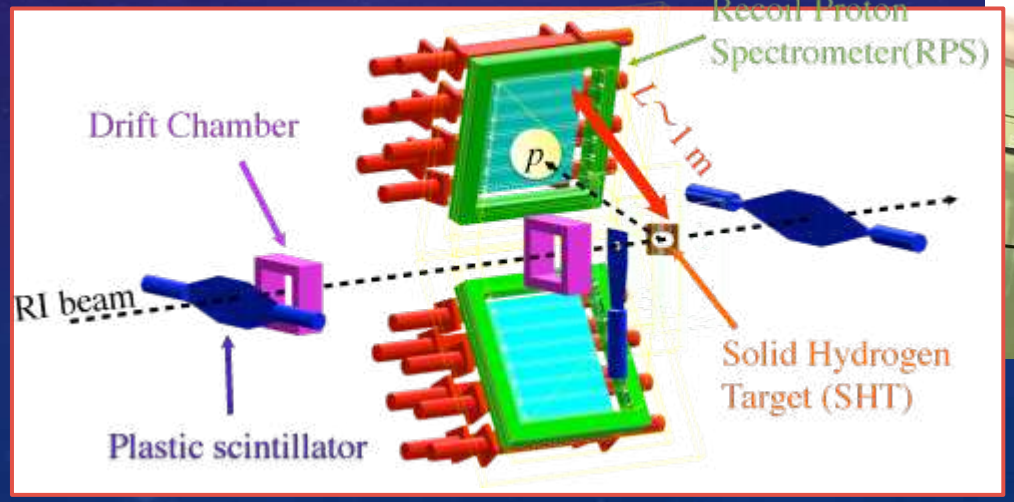


E585@RCNP





ESPRI@RIBF



E16@J-PARC

その他

4月：新歓ハイク

10月：芋煮会

12月：忘年会

10月：集中講義

3月：NH Review

高エネルギー物理学研究室

素粒子物理学

https://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/

京都大学大学院理学研究科 物理学第二教室
高エネルギー物理学研究室

連絡先 English

研究 | メンバー | 論文 | よくある質問 | イベント | コロキウム | セミナー | 教育 | 内部向け | リンク

高エネルギー物理学研究室へようこそ。 高エネルギー物理学研究室では、主に加速器を用いた**素粒子物理学実験**を通じて "**物質を支配する根源的な法則**"の解明に向けた研究を行っています。大学院分科名は『**素粒子物理学**』です。

高エネルギー物理学とは？

ニュートリノグループ

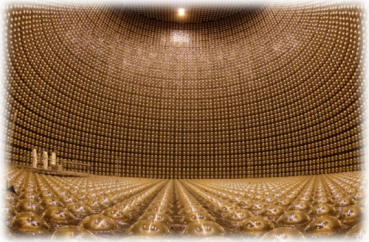
ニュートリノを通して素粒子の質量の起源や物質・反物質の対称性の破れを理解することを目指しています。 J-PARCやスーパーカミオカンデを用いてニュートリノ振動の研究を進めると共にハイパーカミオカンデやニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索など将来を見据えた検出器開発を行っています。

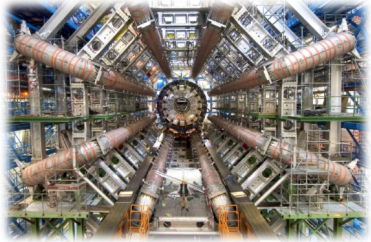
ATLAS実験グループ

スイスジュネーブ郊外にあるCERNのLHC加速器を用いて世界最高エネルギーの陽子同士を衝突させるATLAS実験を行っています。 ダークマターの候補にもなっている超対称性粒子や誰も予想しなかった物理法則の発見が期待されています。

CMB実験グループ

ビッグバンの残光「宇宙背景放射（CMB）」の偏光を精密観測して、宇宙創成を支配した物理法則の解明を目指します。インフレーション・重力の量子化の検証、ニュートリノ質量測定を行う実験と計測技術の開発を行います。





計38人

教員９、研究員３、博士14、修士12

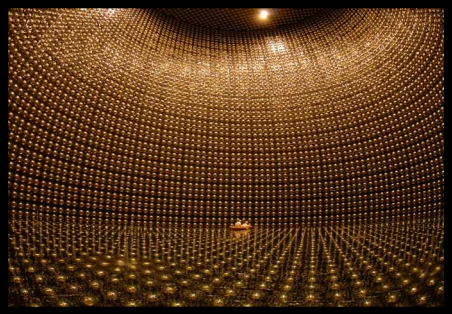
高エネルギー物理学
宇宙・物質の起源を実験で探る

ニュートリノ、ヒッグス、インフレーション、CP対称性の破れ、ダークマター、原始重力波

高エネルギー
“E”の追求

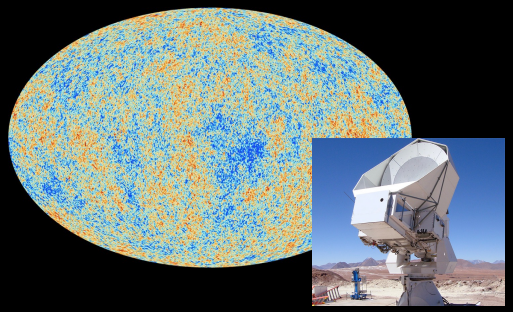
巨大加速器
LHC

$\Delta E \Delta t \sim \hbar$
“稀”の追求



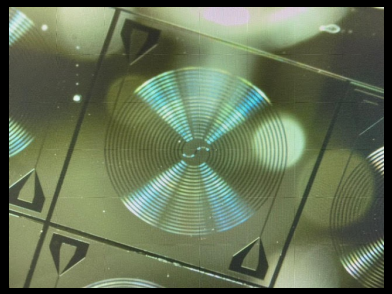
ニュートリノ
陽子崩壊

宇宙のはじまり
“始”の追求



宇宙背景放射
(CMB)

アイデア
“創”で挑む

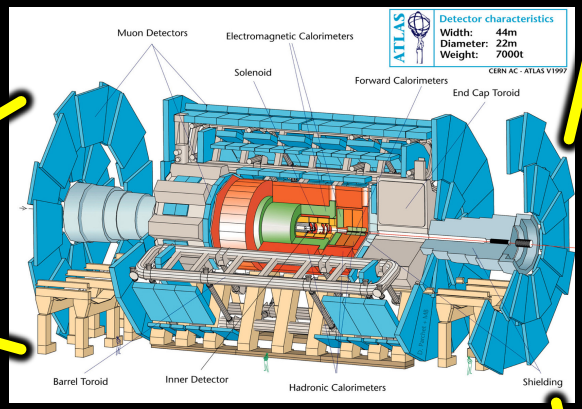


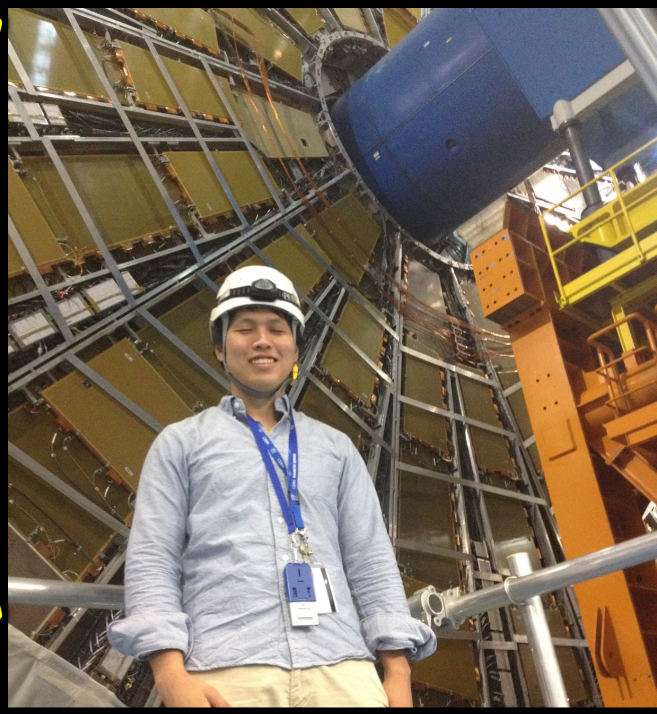
新技術
新手法
新応用

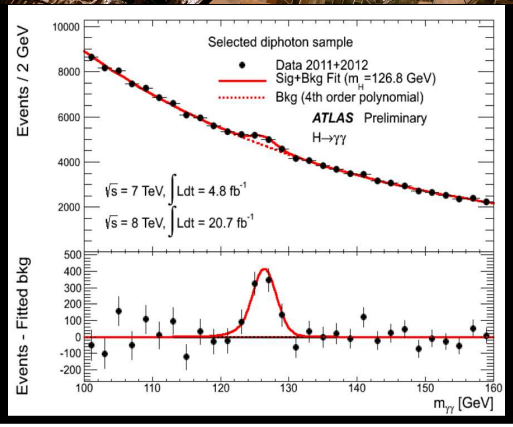
“E”
の追求

LHC–ATLAS実験

人類史上最高のエネルギー（~14 TeV）



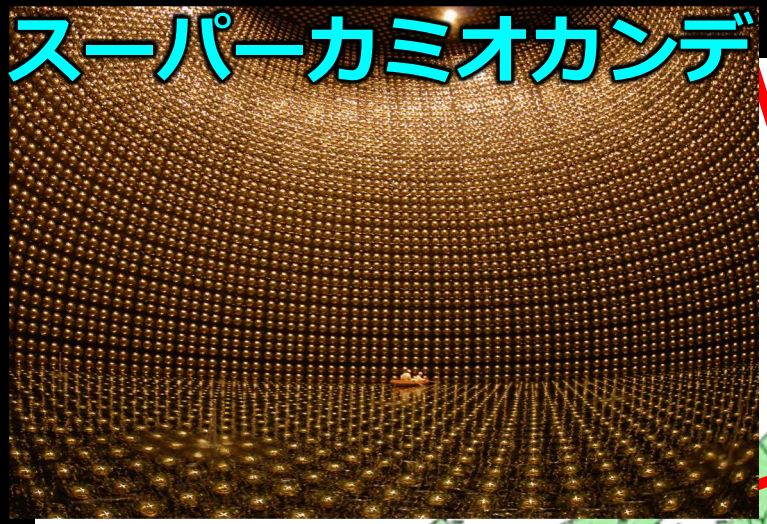


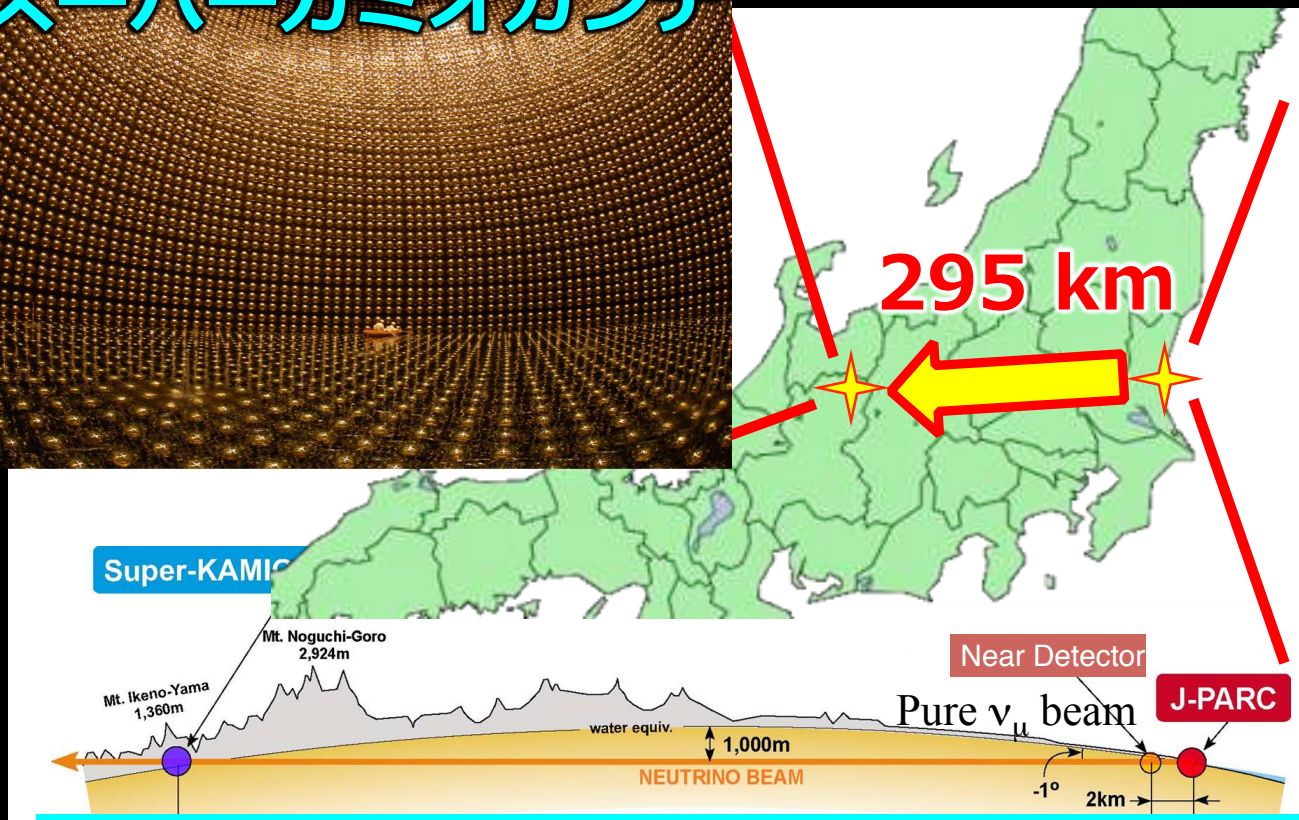


最前線で新粒子・
新相互作用の研究

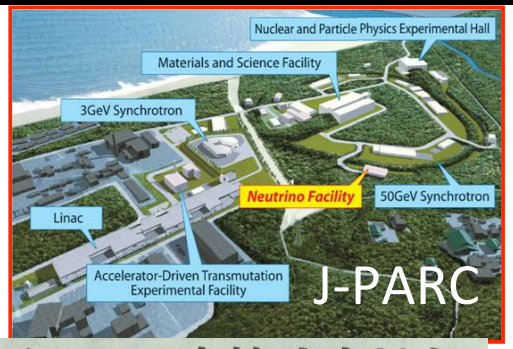
最重要ツール
ミューオン・トリガー
の開発・運転を主導

“稀”の追求 T2K 長基線ニュートリノ振動実験





J-PARC



チームの中軸 京大20人

ニュートリノ変身観測「大変な作業…達成感」

茨城県東海村で、ニュートリノの質やエネルギーを測定する装置を前に立つ家城佳さん（左端）ら日本とカナダのチーム＝2009年、家城さん提供

スウェーデンでの欧州物理学会に出席、招待講演者として23日に詳細を報告する。

大学院生もチームの中心で活躍した。「家城佳さん（27）はカナダの研究者とニュートリノの測定器を製作、機器の特性を理解し、実際に使えるようにするのは大変な作業だった。ここまでの仕事ができるとは思っていなかった。達成感がある」と喜んでいた。

チームは来年から同じ実験施設で反ニュートリノの挙動を確かめる実験を開始する予定だ。（松尾浩道）

らためて示した。ニュートリノは3種類あり相互に変わると考えられていたが、ミュー型から電子型への変身を初めて捉え、挙動の全体像が明らかになった。質量が同じで性質が逆の反ニュートリノの反応との違いが分かれば、宇宙が反物質でなく物質でできている理由がわかる。

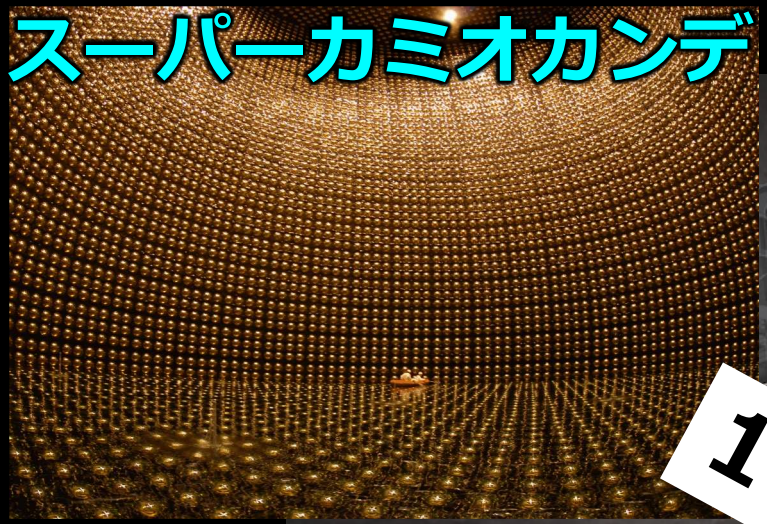
「支援してくれた」とニュートリノビームの生成装置を開発した市川温子准教授（42）は今回の発表を行った。

24(水) 25(木) 26(金)

巨大加速器と巨大検出器のハイブリッド

νと$\bar{\nu}$の違いを調べて、物質優勢宇宙の起源を探る

さらなる“稀”の追求



“始”の追求

「宇宙最古の光」をみる

宇宙背景放射(CMB)

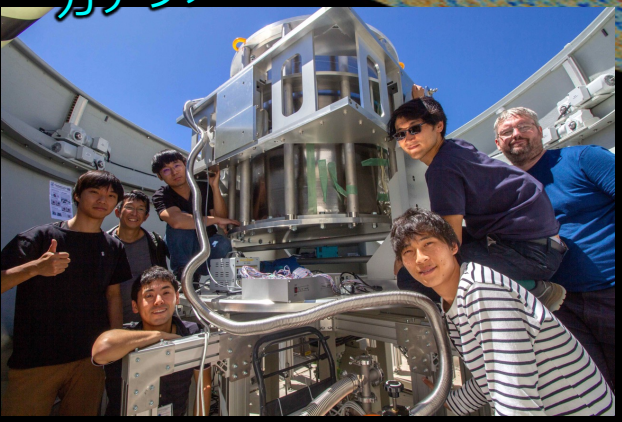
宇宙を使った素粒子実験

量子重力×インフレーション

原始重力波を観る

グランドバード

カナリア諸島テイデ観測所



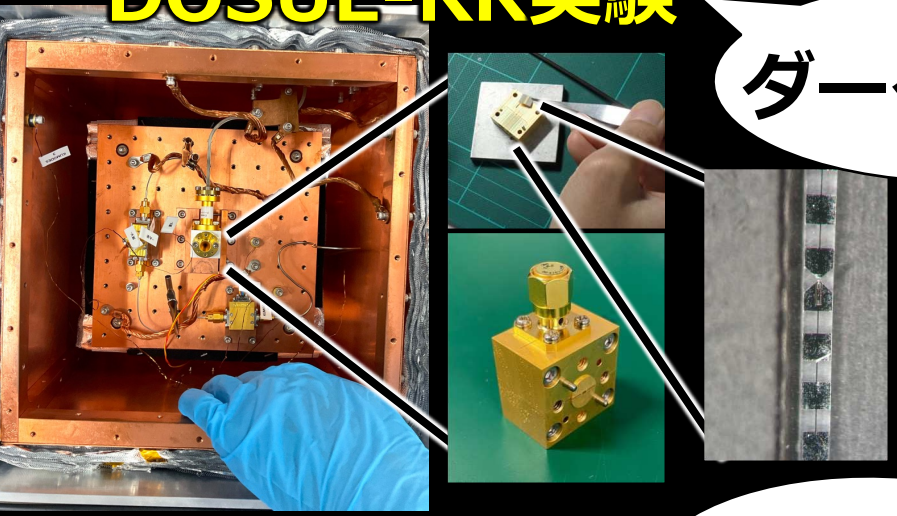
サイモンズオブザーバトリ

チリ・アタカマ高地

“創”で挑む

アイデアで拓くダークマター、ニュートリノ、そして医学

どすえ だぶるあーる
DOSUE-RR実験

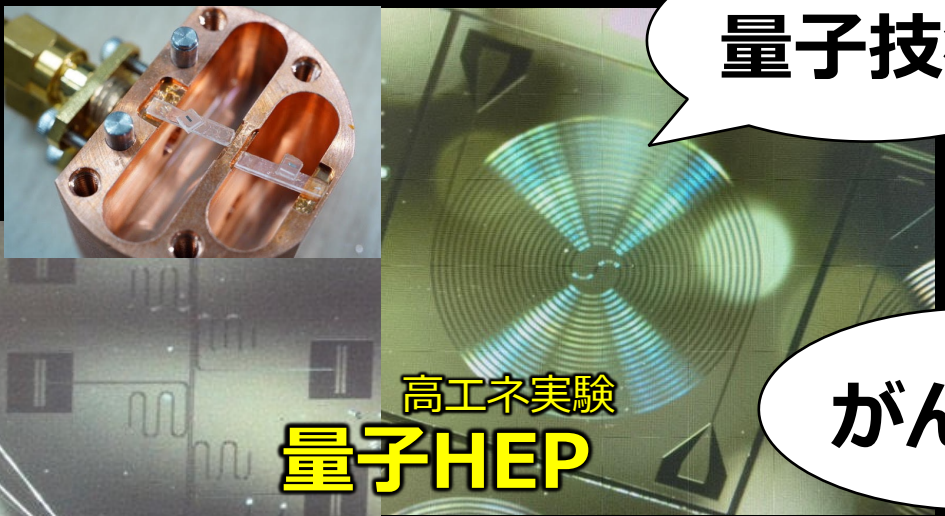


ダークマター

$\nu \overset{?}{\neq} \bar{\nu}$

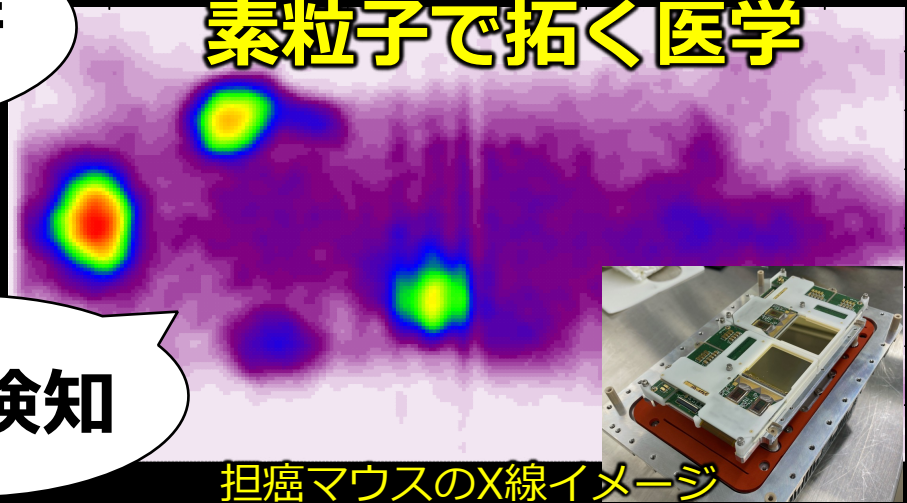
アクセル
AXEL実験

量子技術



高エネ実験
量子HEP

素粒子で拓く医学



担癌マウスのX線イメージ

がん検知

世界の仲間と「協力」・「競争」しながら
宇宙創成の物理像を解き明かす

世界一の実験をするために、物理を考える、
装置を作る、データを取って、解析して、論文を書く

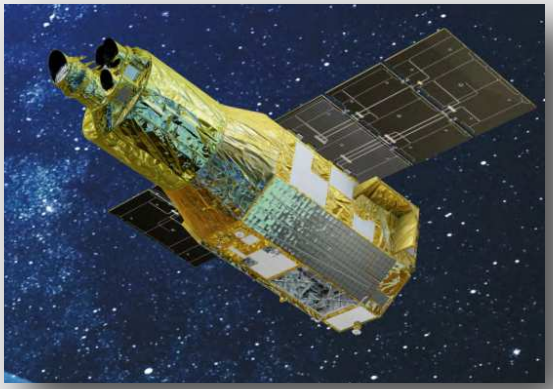
宇宙線物理学 (X線・ガンマ線天文学)

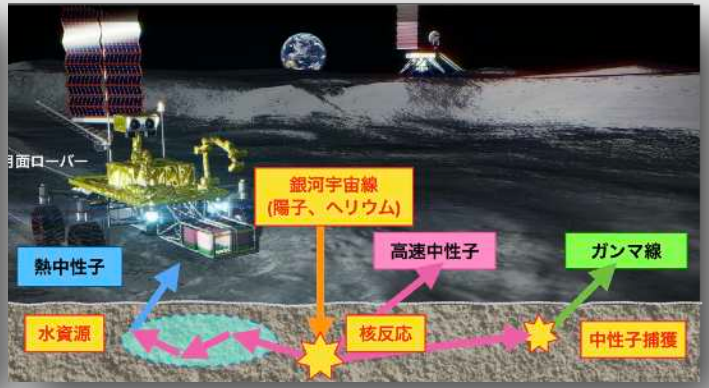
新型装置を**自ら開発**し、

高エネルギー天体を**自ら観測**し、

宇宙の起源と進化を探る、

高エネルギー宇宙物理観測の研究室。





鶴 (教授), 榎戸, 高田 (准教授), 内田 (助教),

行方 (特定助教), 特定研究員3, 博士7, 修士12

宇宙の高エネルギー活動の研究

X線・ガンマ線・高エネルギー粒子線

宇宙線（超高エネルギー粒子）の起源

超新星の爆発機構・元素の起源

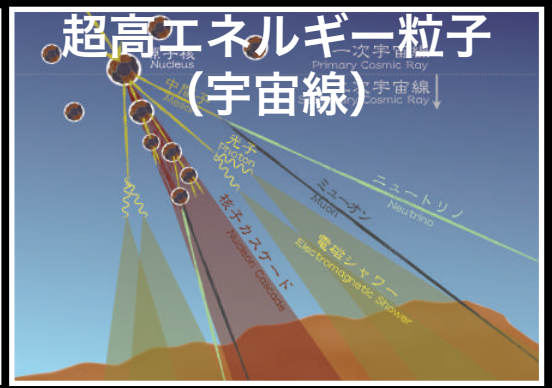
中性子星の強磁場の起源

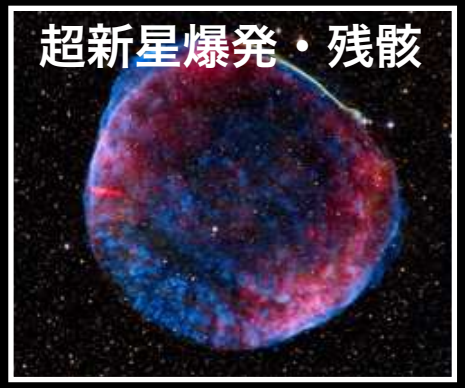
暗黒物質の正体、対消滅線の起源

ミッシング・ブラックホールの探査

銀河・ブラックホール・宇宙の進化

などなど…

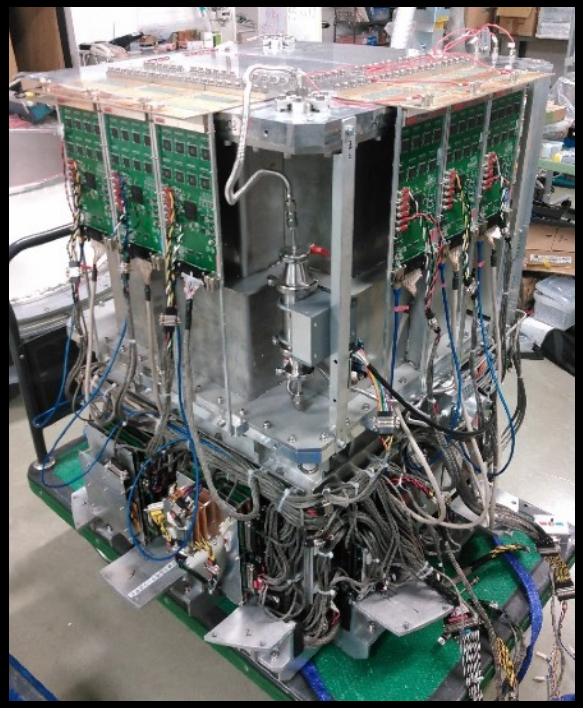




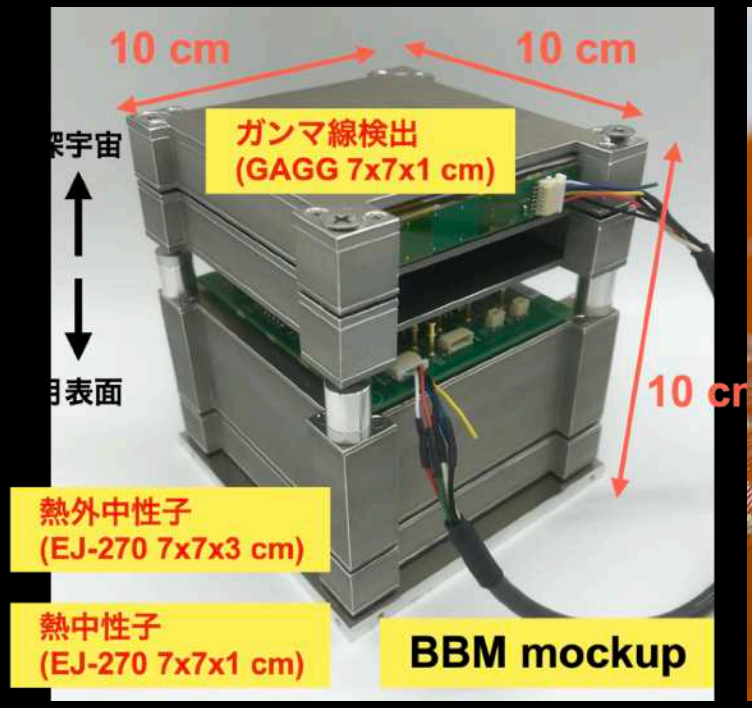
暗黒物質からの
消滅X・ガンマ線

新しい発見は、新しい観測装置から。

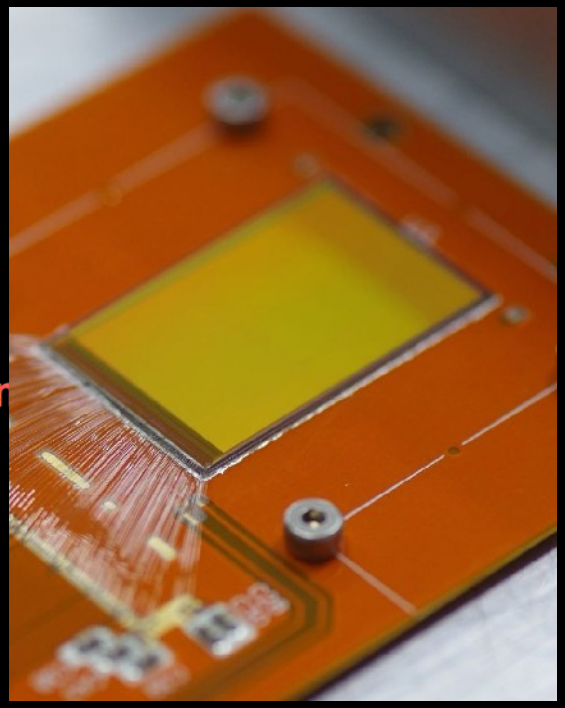
電子飛跡コンプトン
MeVカメラ



月面・雷雲用
ガンマ線・中性子検出器

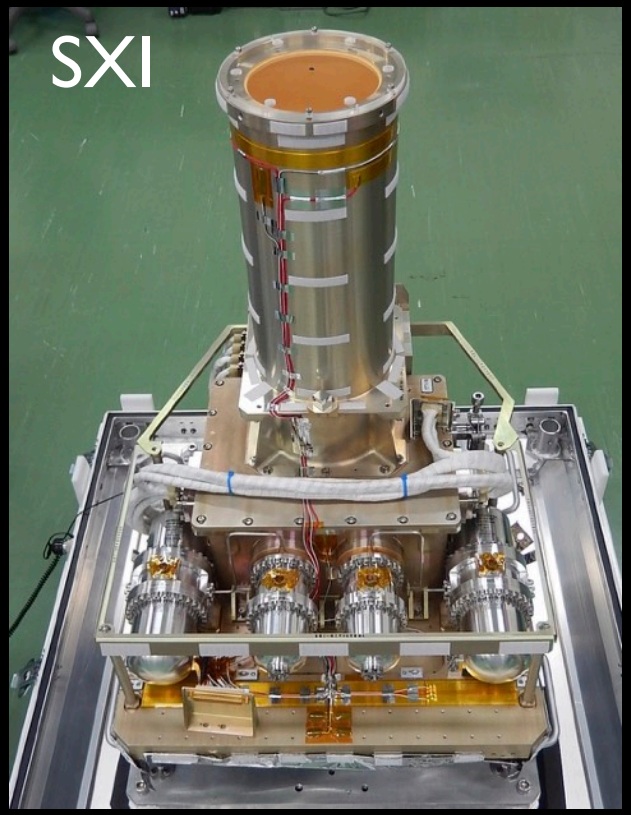


超高速
X線SOIカメラ

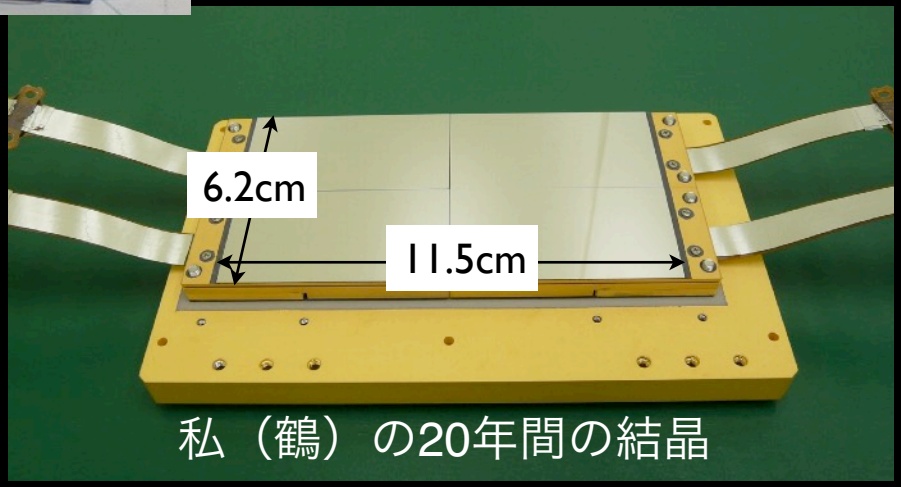


まさにこれから本格観測を開始
世界中の天文学者が使う。

世界が待ち望んだ「クリズム」衛星 (昨年9月打ち上げ)



- 全長7.9m, 重2.3t (最大級)
- 初の超高分解能分光観測
- 過去最大の視野を持つX線CCD
  厚い空乏層の裏面照射型X線CCD

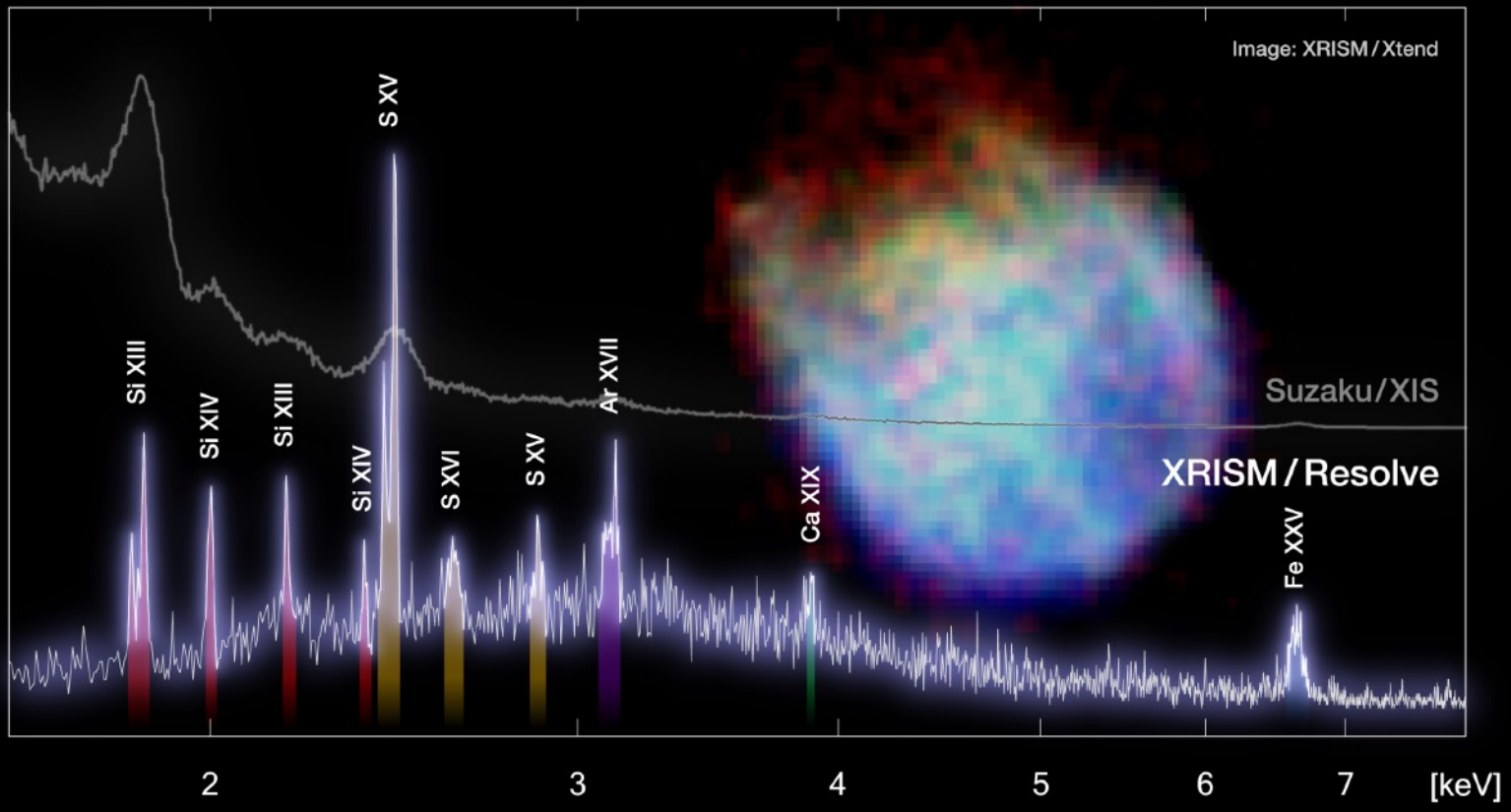


世界が待ち望んだ「クリズム」衛星 (昨年9月打ち上げ)

エネルギー分解能 = 実に 35倍の性能向上

秒速20kmのX線ドップラー （地球の公転速度）

X-ray Spectrum of Supernova Remnant N132D Measured by ***XRISM Resolve***



「クリズムだけ」じゃない。

中性子とガンマ線の放射線測定を軸とした、
月面・月周辺での多分野連携プロジェクト

1. 中性子を用いた水資源探査 (惑星科学)
2. 中性子の寿命測定 (素粒子物理学)
3. ガンマ線バースト重力波宇宙論 (天文学)

電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡による,
広視野 MeVガンマ線探査

1. 未開拓の波長域の開拓
2. 核ガンマ線天体の検出（天文学）
3. 銀河系内拡散ガンマ線（素粒子物理学）

大学院生こそ色々活躍できる！

2009年(平成21年)10月7日(水曜日) 夕刊 讀賣新聞

星のゆりかご 立体図

高精度観測基に 銀河の仕組み解明へ

若手を奨励 学術振興会育志賞

初代受賞者に京大院生

エックス線天文学評価 「日本の力 世界に示す」

信川正順さん

「天文学」も「物理学」も両方できる。

「天体観測」も「機器開発」も両方できる。

もちろん片方だけ集中して行うのもOK。

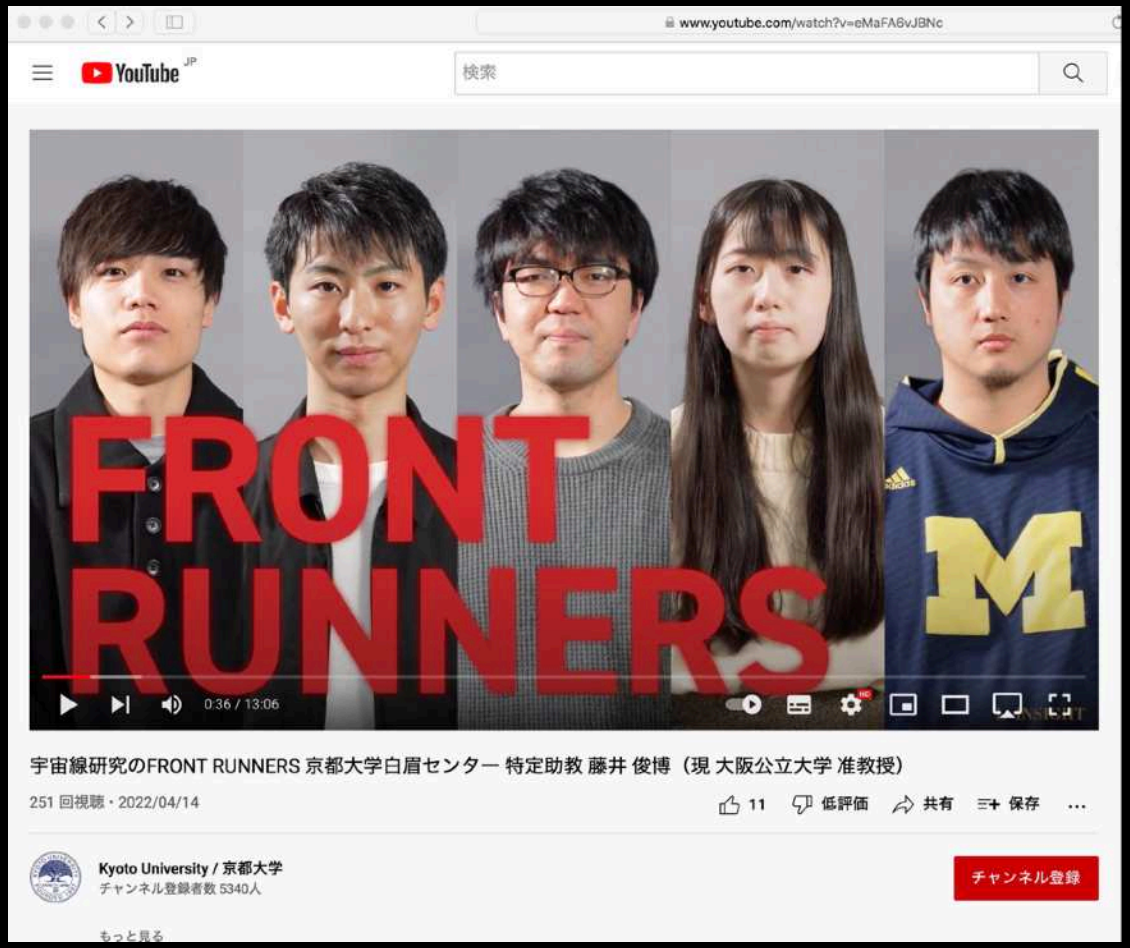
「チームのシゴト」も

「個人の研究」も両方できる。

これまでに３回測定器開発優秀修士論文賞をいただきました

さぁいっしょに、高エネ宇宙の旅へ出かけよう

研究室紹介ビデオ　「京大 宇宙線」で検索



今日午後 zoom でお会いしましょう

お待ちしております

https://www.youtube.com/watch?v=eMaFA6vJBNc

ビーム物理分科

化学研究所（宇治キャンパス）／協力講座

教授	若杉 昌徳
准教授	塚田 暁
技術職員	頓宮 拓
M2	吉田 暁
M2	立花 万梨子
M2	前田 祐成
M1	鏡　鈴
M1	小林 大輝

加速器とその要素技術開発によって

不安定原子核研究のための

世界唯一の実験装置を創る

at
RIKEN
Tohoku

at KAKEN

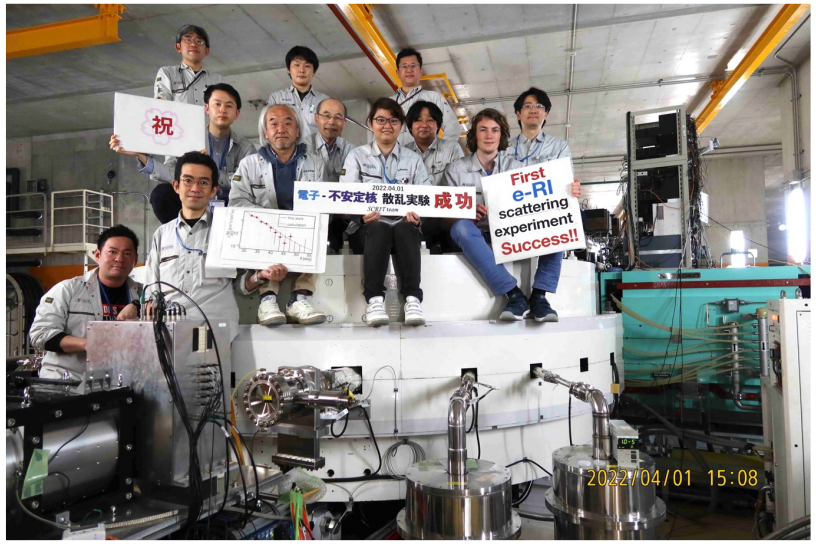
- 不安定原子核(RI)の電子散乱実験（SCRIT）
- 陽子、重陽子の電子散乱（ULQ2）
- 稀少RIの精密質量測定（R3）
- RI・RI核反応研究を目指す蓄積リング開発（RUNBA）
- 汎用型RI静止標的開発
- 同重核分離装置開発

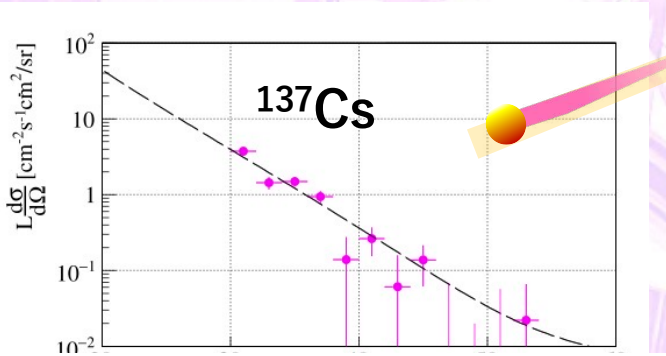
SCRIT・不安定核電子散乱

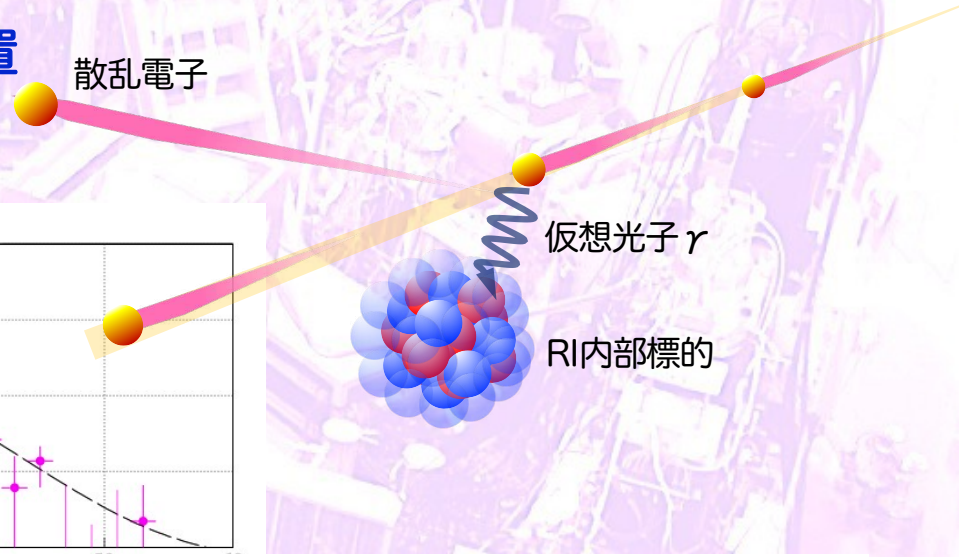
共同研究・京大化研、理研仁科、東北大先端量子ビーム、立教大

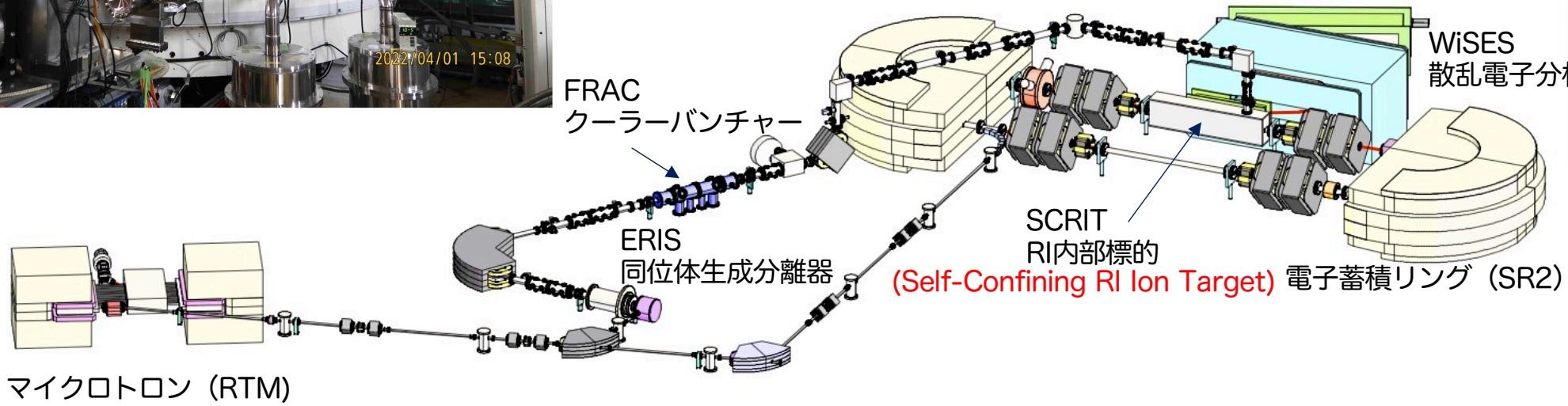
世界唯一の不安定核・高エネルギー電子衝突実験装置

電子（レプトン）プローブによる不安定核構造研究





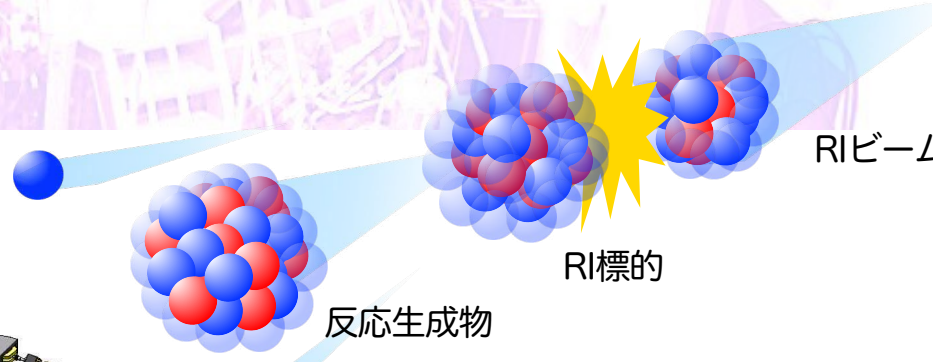




稀少RIの核反応 （京大化研・理研仁科連携研究）

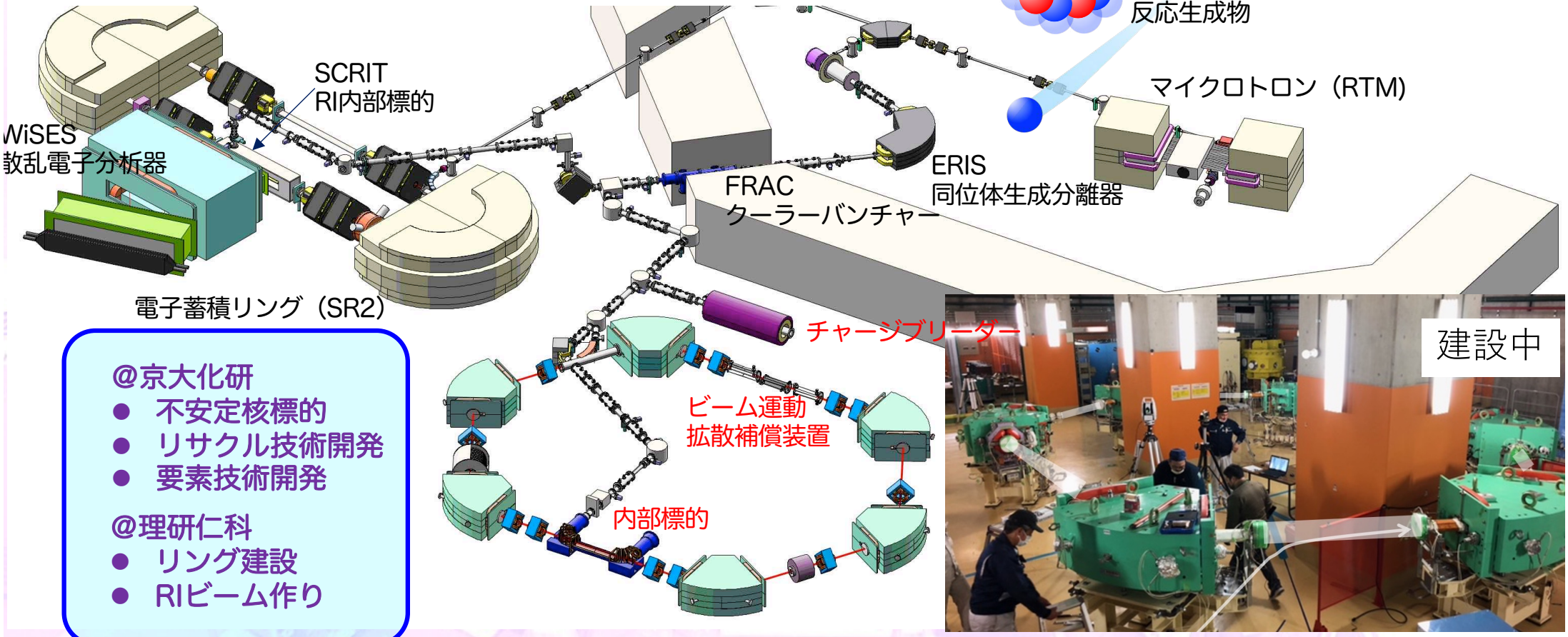
共同研究・京大化研、理研仁科、QST

ビームリサイクル技術開発からRI・RI衝突実験へ



RUNBA

(Recycled-Unstable-Nuclear Beam Accumulator)



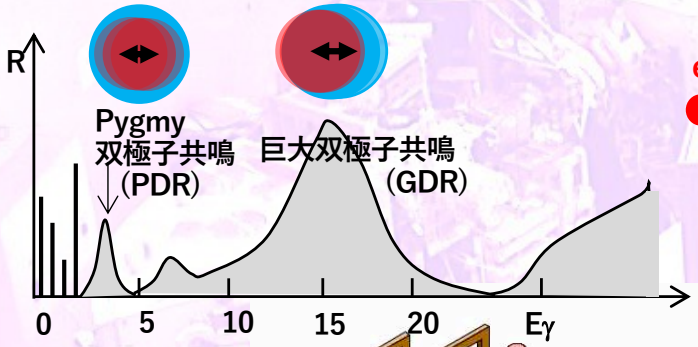
@京大化研
- 不安定核標的
- リサクル技術開発
- 要素技術開発

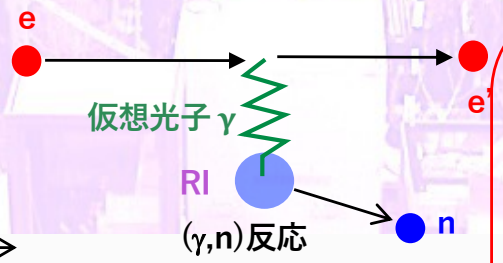
@理研仁科
- リング建設
- RIビーム作り

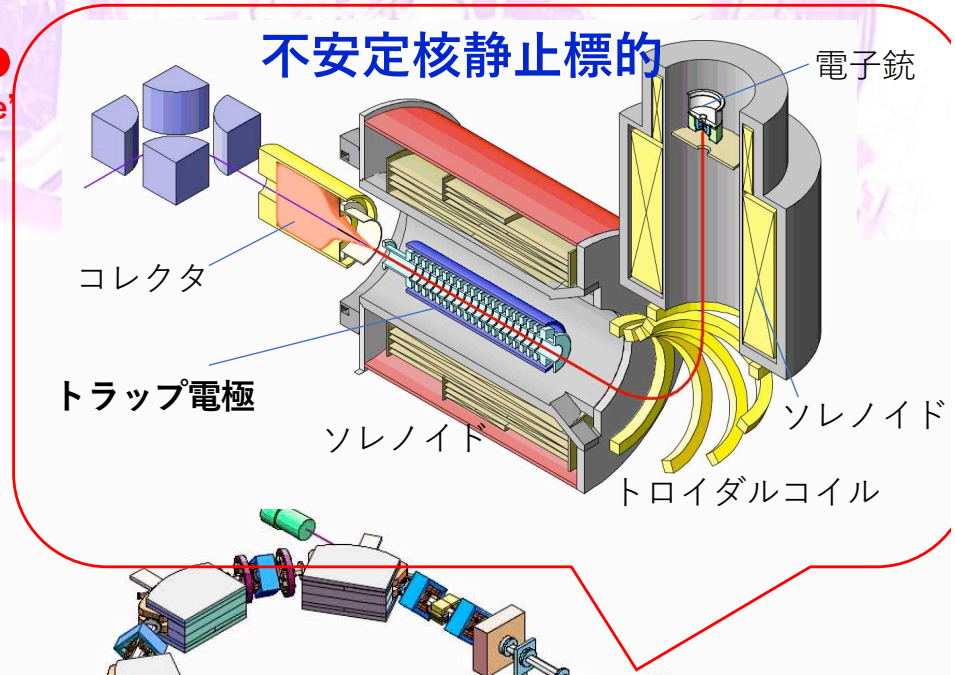
汎用RI静止標的開発

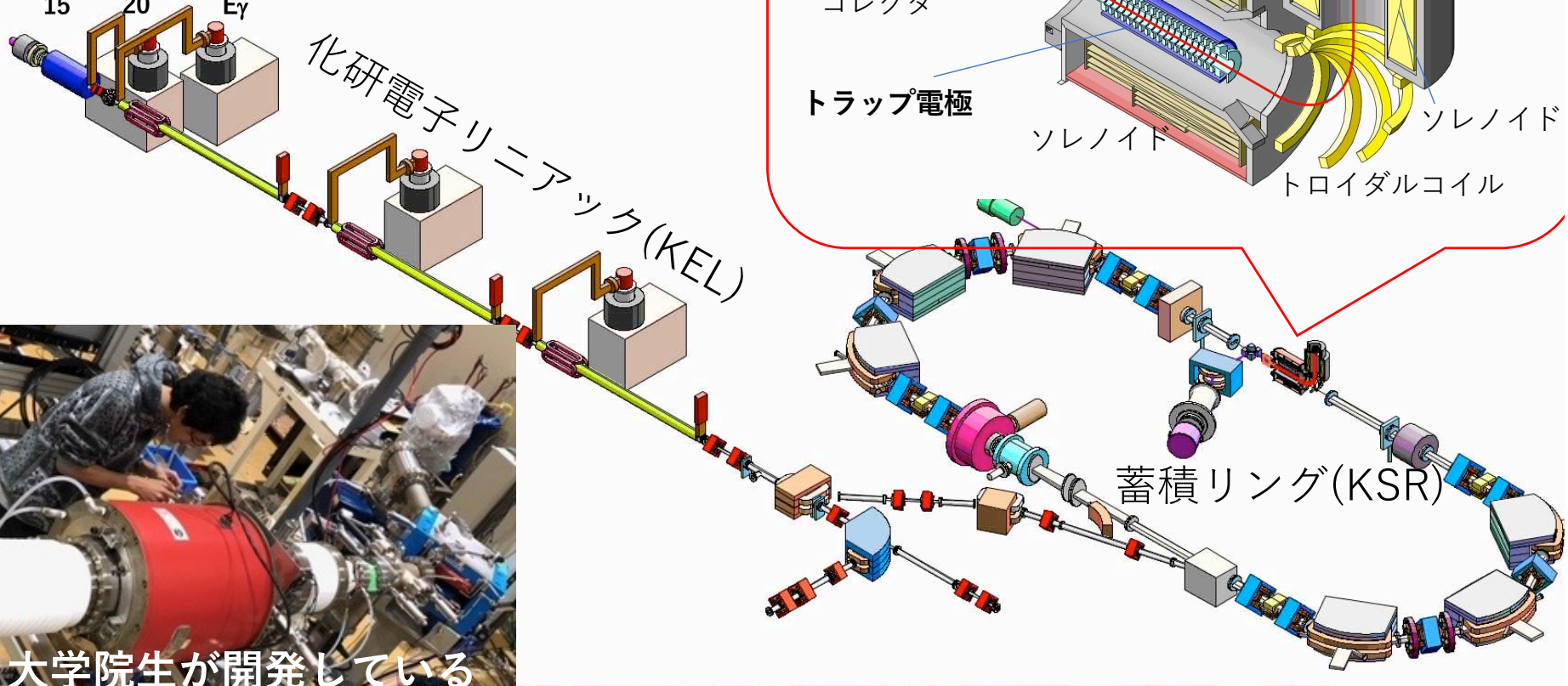
共同研究・京大化研、理研仁科

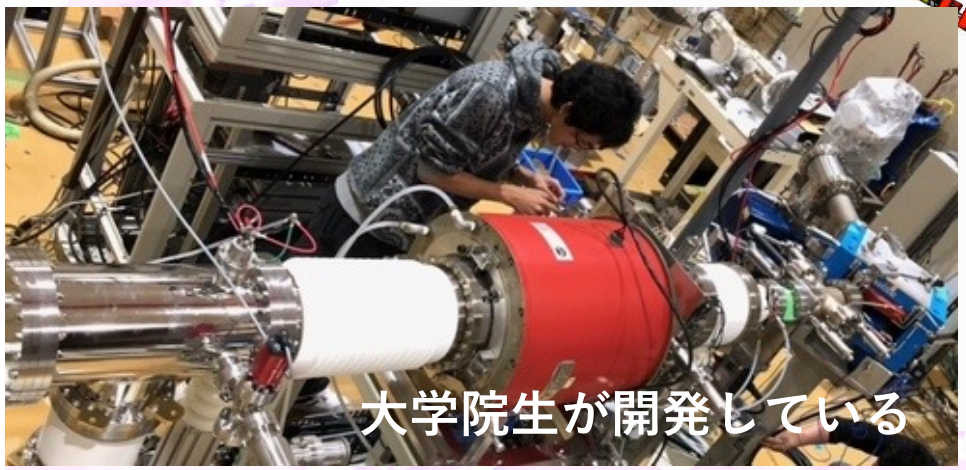
準運動学によるRI核反応研究へ道を拓く



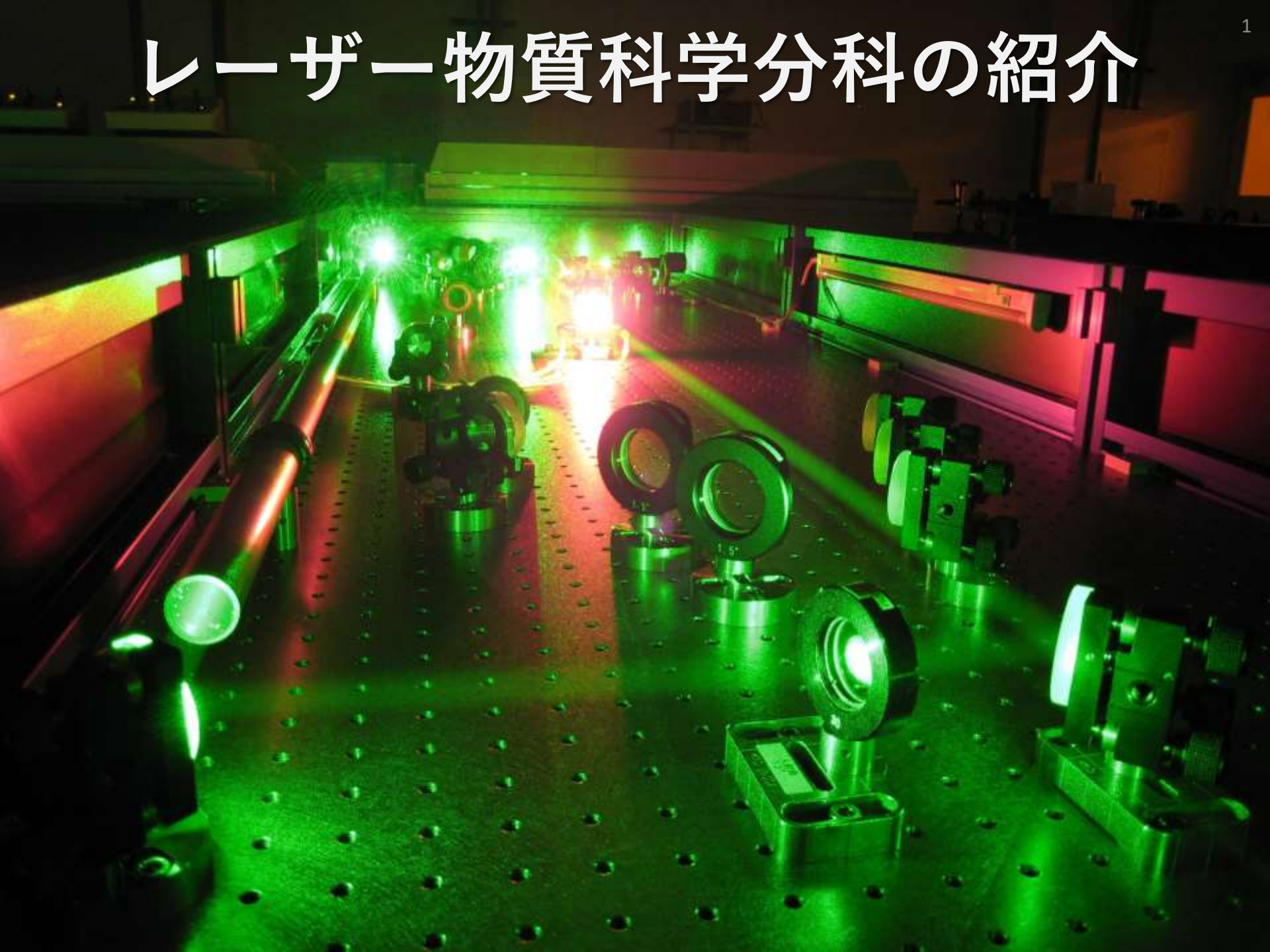








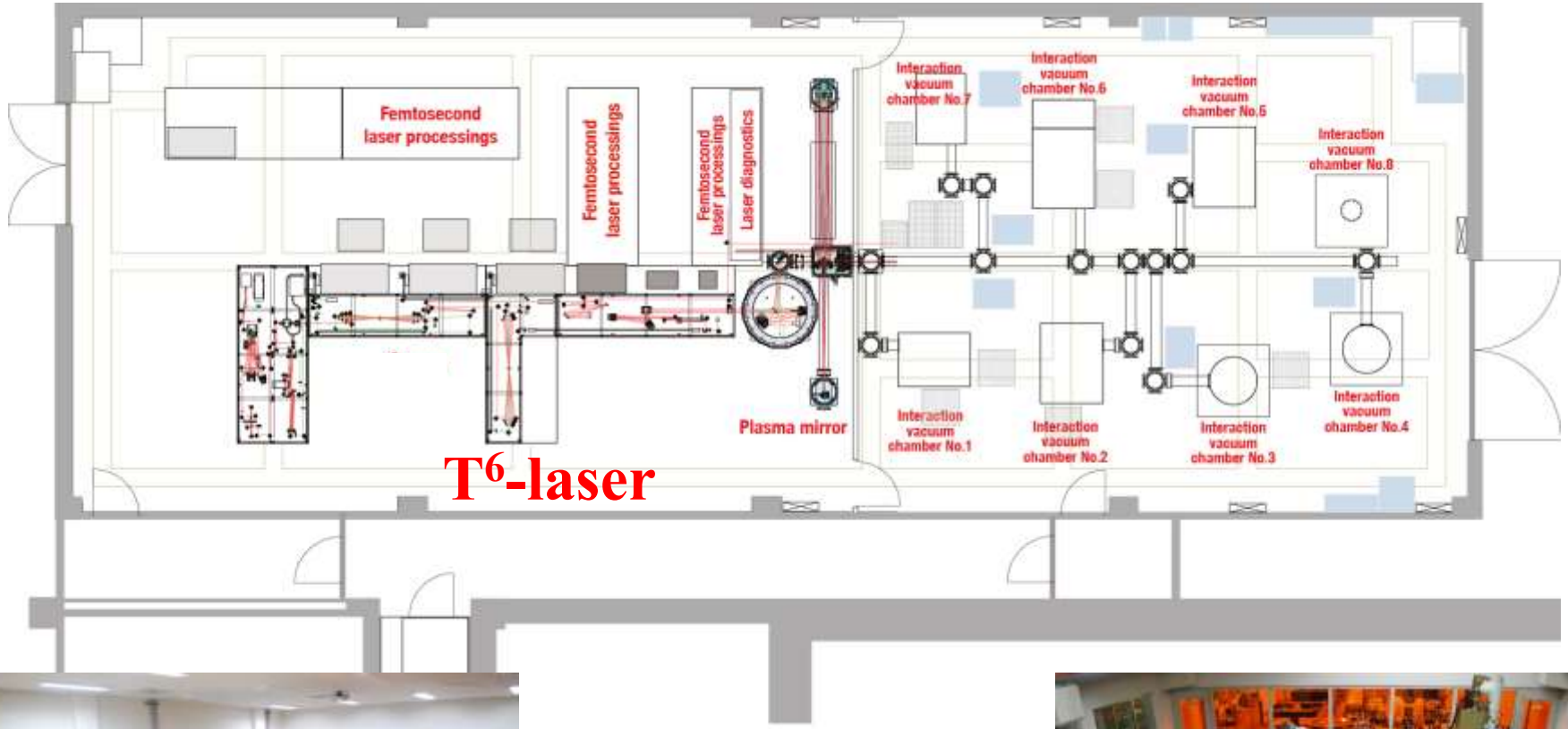
レーザー物質科学分科の紹介



京都大学

化学研究所

10兆ワット高強度レーザー施設



中心波長: 800 nm
パルス幅: <40 fs
パルスエネルギー: >400 mJ
繰り返し率: >5 Hz
集光強度: >10^{19} W/cm^2

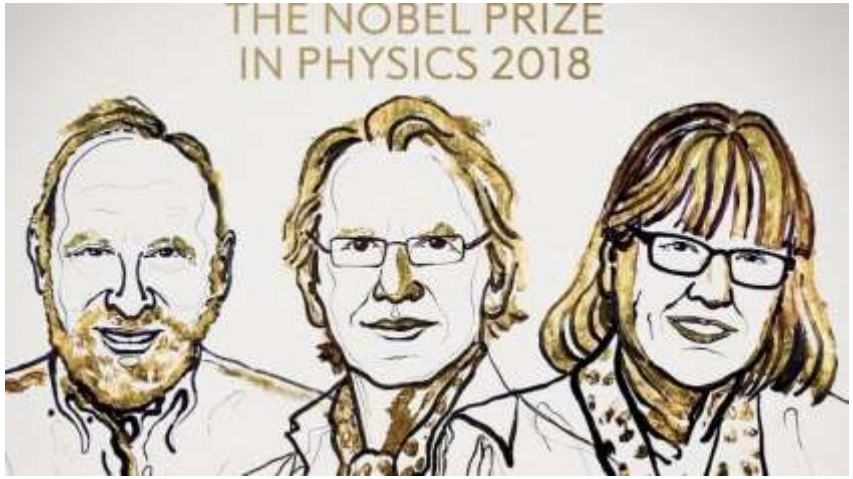
職員

時田茂樹（教授）
岡崎大樹（助教）
桐田勇利（助教）
橋田昌樹（研究員）
升野振一郎（研究員）
松本景子（技術補佐員）
亀井優希（事務補佐員）

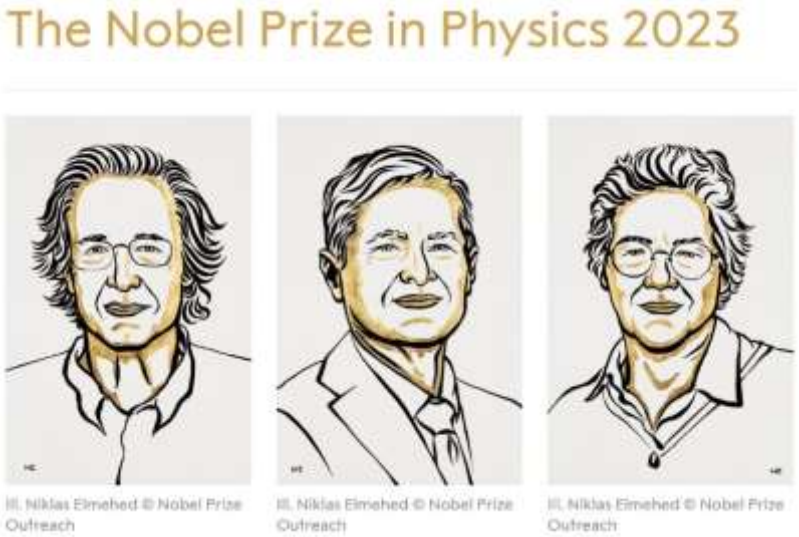
学生

上田一心（M1）
李成浩（M1）
比屋根総司（M1）

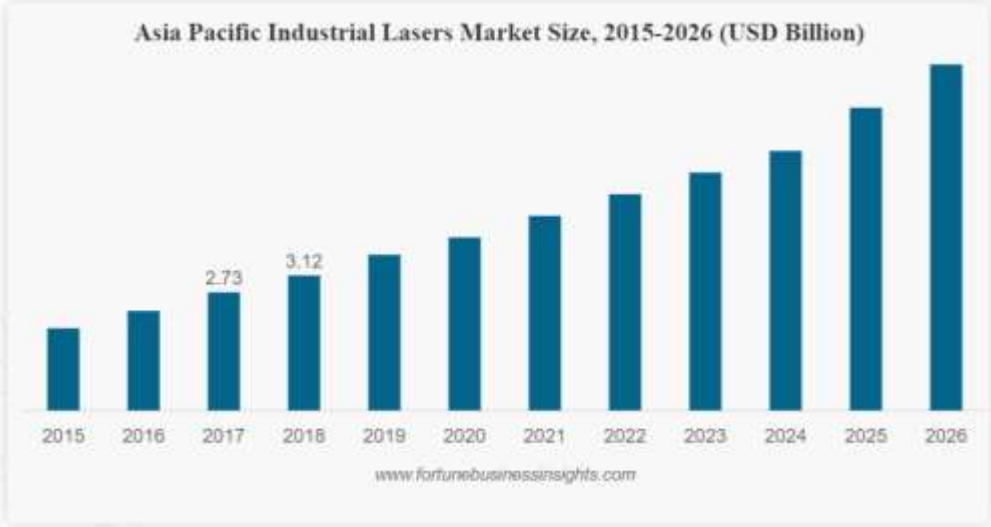
レーザー分野の最近のニュース



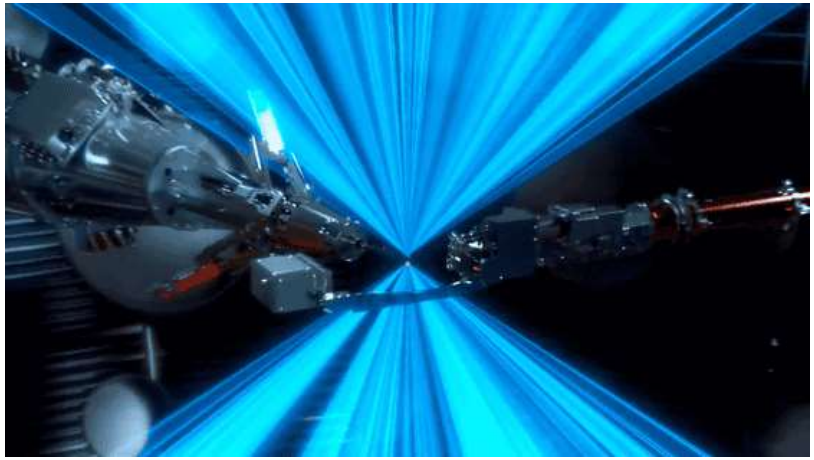
チャープパルス増幅法、光ピンセット



アト秒レーザー

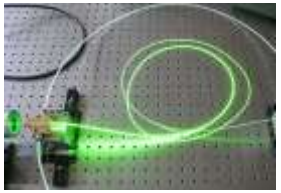


産業用レーザー市場は年率12%以上で拡大中

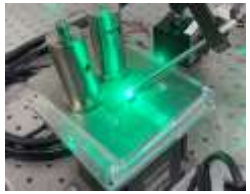


レーザーによる核融合点火に成功
（2022年）

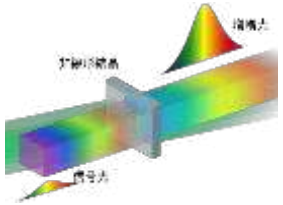
超高強度レーザー光源



ファイバーレーザー



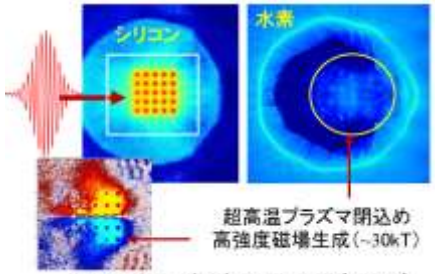
固体レーザー



非線形光学

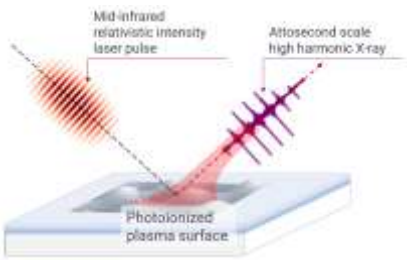
レーザー等の光源技術はあらゆる科学分野を支える基盤技術の一つです．先端光源の提供により多分野の発展に貢献したいと考えています．当研究室では、波長3～5 μmの超短パルス中赤外レーザー技術を開発しています．ファイバーレーザー、光パラメトリック増幅、固体レーザーといった技術を駆使し、テラワット級の中赤外パルスの発生を目指しています．また、民間企業との共同研究により、微細加工に適した小型・高出力フェムト秒レーザーの開発を行っています．

レーザープラズマ相互作用



Matsui et al. Phys. Rev. E (2019)

高エネルギー密度プラズマ生成

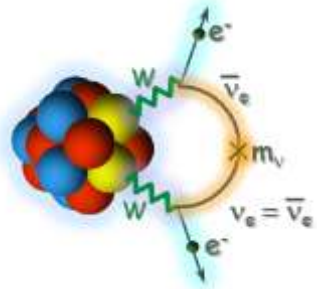


コヒーレントX線発生

超高強度レーザーとレーザー生成高密度プラズマとの相互作用の研究を行っています．相対論的強度のレーザーと固体表面との相互作用を利用したコヒーレントX線発生、微細な構造をもったプラズマ生成による超高温プラズマ閉じ込や超高強度磁場生成など、新たな非線形現象の発見を目指しています。

二重ベータ崩壊の探索

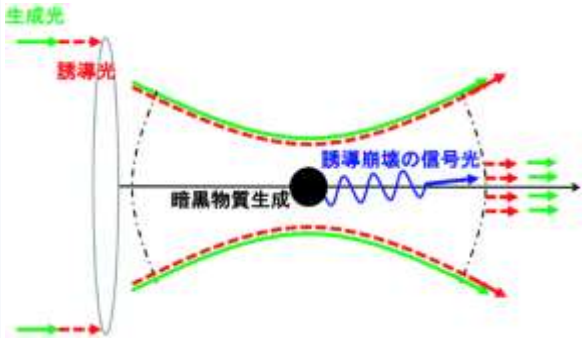
CANDLES検出器



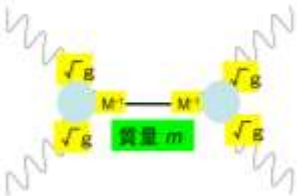
ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊

^{48}Caの二重ベータ崩壊の観測を目指し、大阪大学、福井大学等と共同で研究を行っています．高出力レーザーを用いて^{48}Ca同位体を濃縮することにより飛躍的に感度を向上させ、ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の検出を目指しています。

アクシオンの探索



真空内四光波混合による
アクシオン等の未知粒子の探索



低質量の共鳴場介在
による光光散乱

高強度レーザーを用いたアクシオン等の未知の粒子の探索を広島大学等と共同で行っています。真空内四光波混合と呼ぶ新たな手法により、光子を用いた低質量粒子の発見を目指しています。

レーザー物質科学分科

- 実験系の研究室を希望する方
- 強力なレーザー光の発生や、
  それを使った実験に興味がある方
- 国内外の研究機関・企業との共同研究に興味がある方
- 研究者を目指している方
- 企業への就職を目指している方

興味のある方は、午後の研究室説明にご参加ください。
研究室見学も歓迎します。

核放射物理学分科

大学院入試説明会 2024 5/11

（複合原子力科学研究所、物理学･宇宙物理学専攻）

- 教授：瀬戸　誠、准教授：北尾　真司、助教：小林　康浩

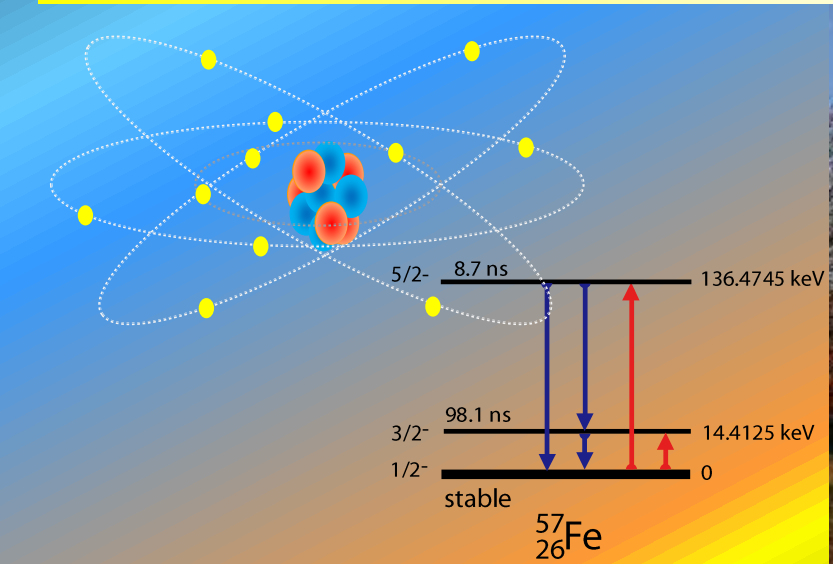
高エネルギー光子（γ線, X線）による原子核励起・散乱過程の研究

↓

原子核制御の実現

（励起状態原子核スピン操作、崩壊時間の加速・特性制御）

コヒーレントγ線生成、パルスγ線生成



核放射物理学分科

大学院入試説明会 2024 5/11

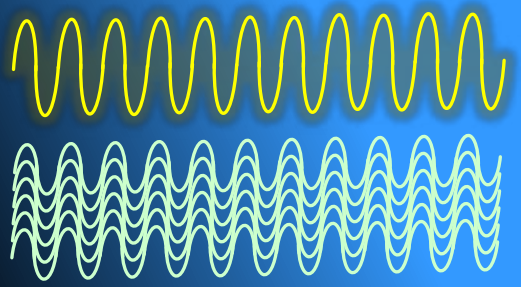
第4世代放射光施設（高輝度Ｘ線生成）の建設

Ｘ線領域では困難であった**Ｘ線レーザー**の実現

高エネルギー光子を利用した研究の新時代の到来

放射光でのコヒーレンスは部分的

Ｘ線レーザー（コヒーレント）



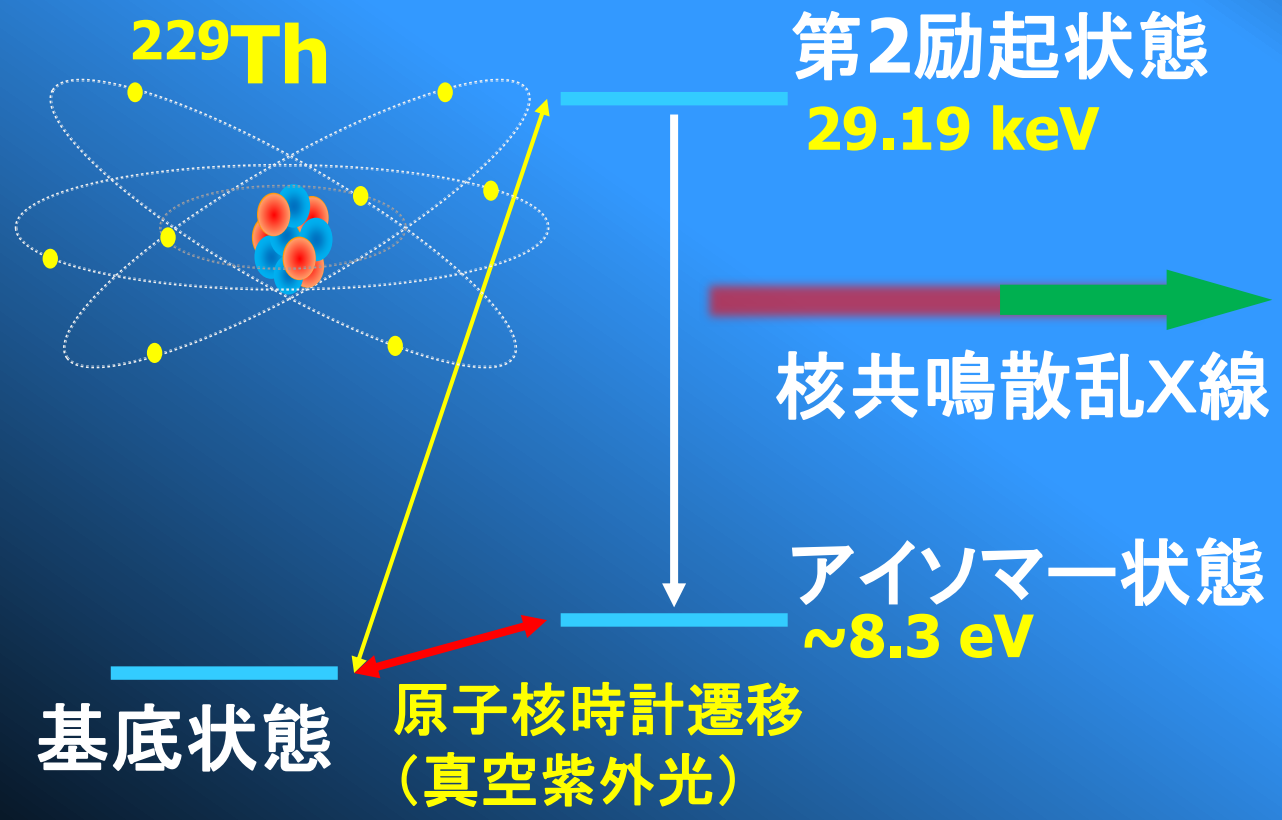
http://xfel.riken.jp/

https://lcls.slac.stanford.edulcls-ii

https://xfel.desy.de/

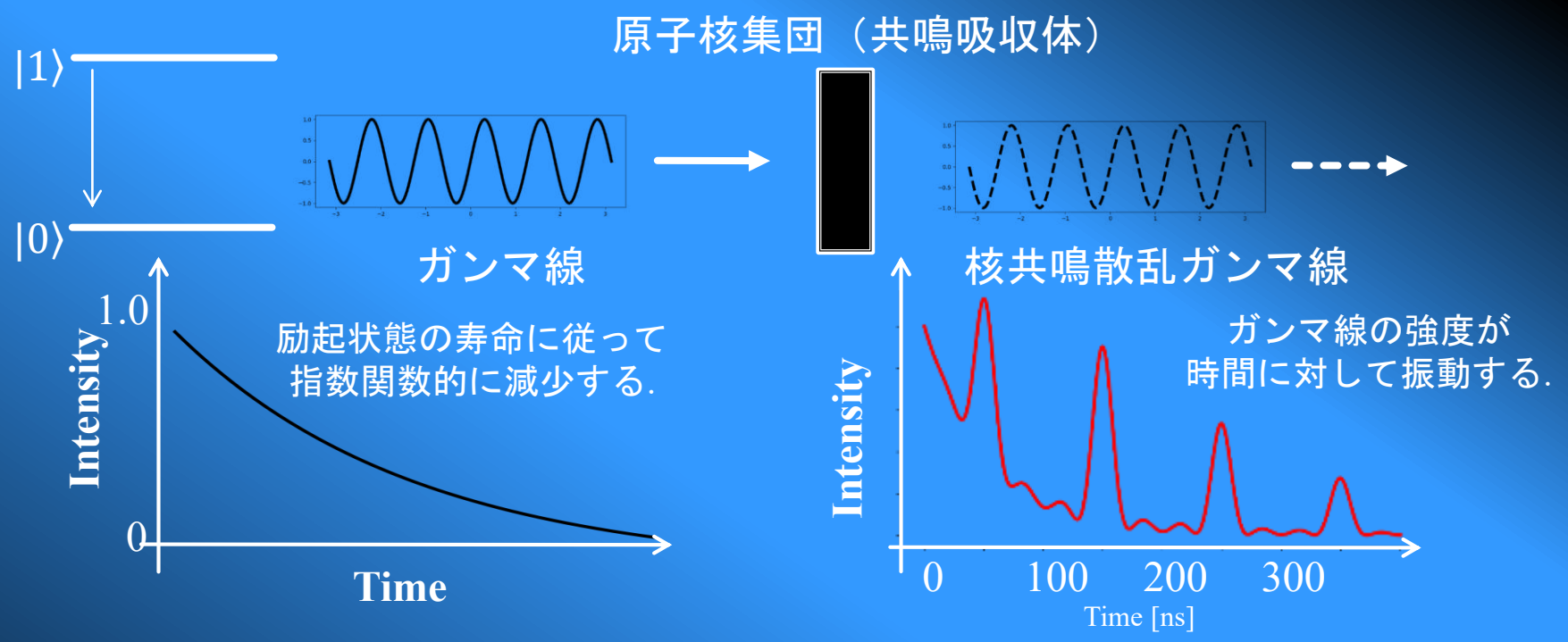
https://xfel.desy.de/

現在の原子時計の精度を大きく越える原子核時計への応用などが期待されている^{229}Thの超長寿命準位の励起が観測！



核放射物理学分科

大学院入試説明会 2024 5/11



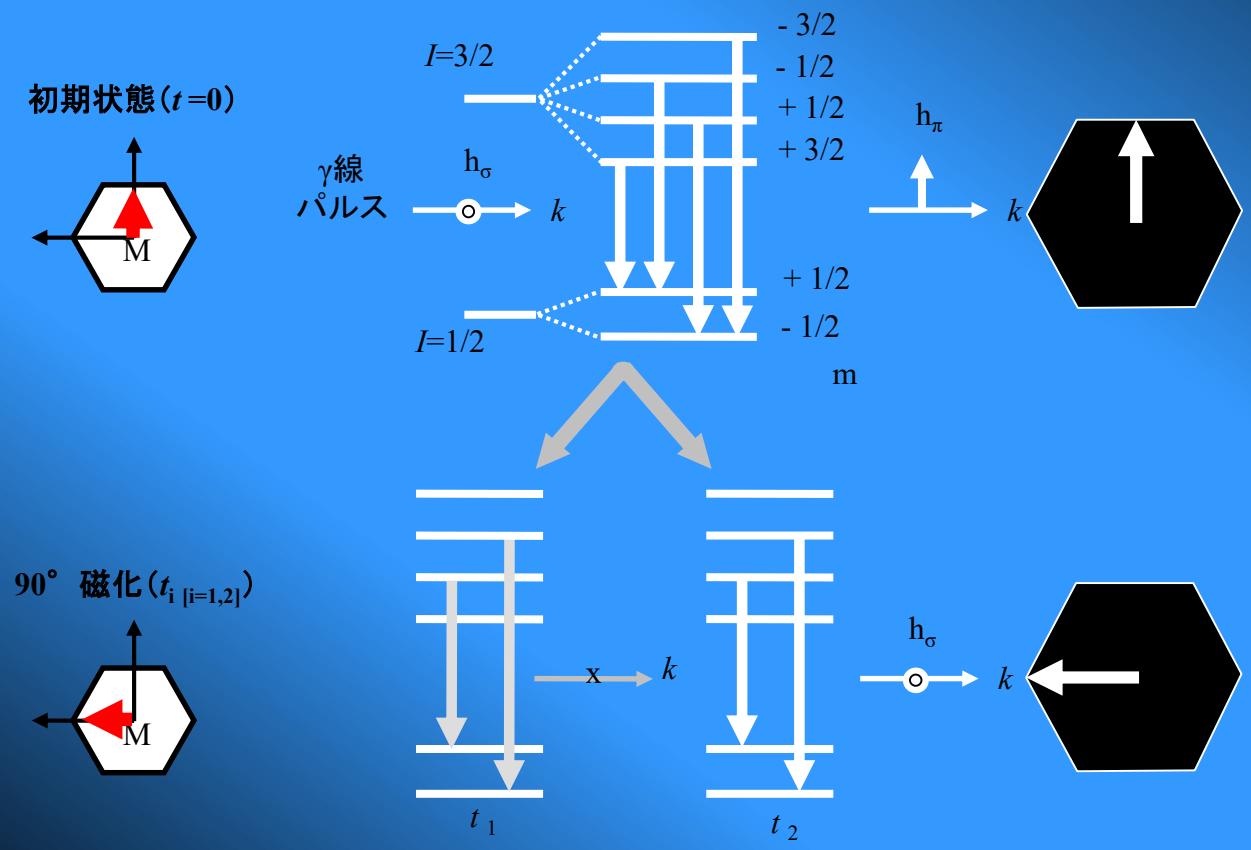
◆X線・γ線の波形・崩壊時間制御

γ線エコー、γ線パルス生成、

原子核時計 etc

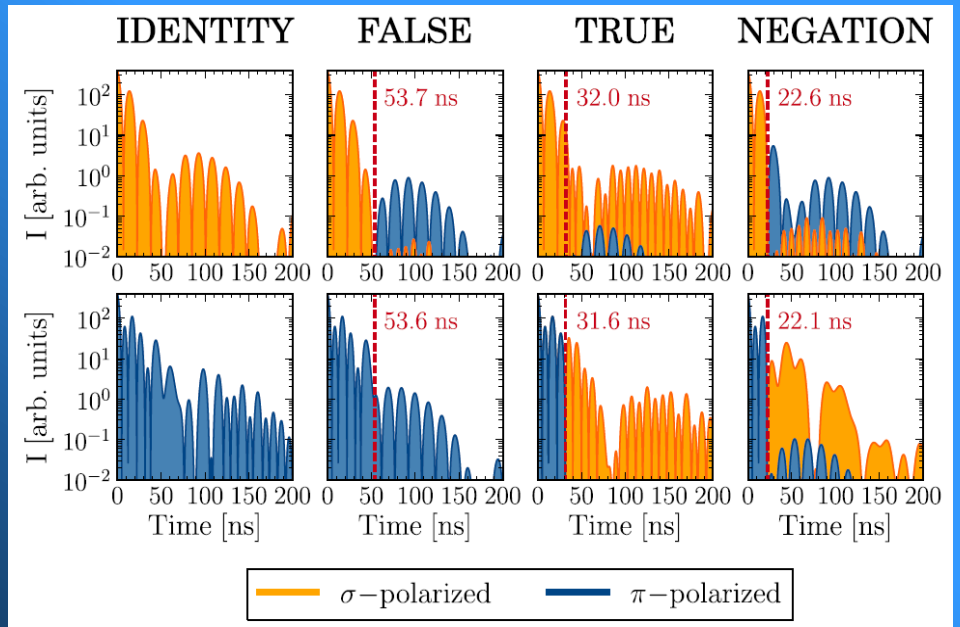
◆励起状態原子核スピン操作

量子情報科学への展開



◆励起状態原子核スピン操作

量子情報科学への展開



b Truth tables for IDENTITY, FALSE, TRUE and NEGATION

IN	OUT
1	1
0	0

IN	OUT
1	0
0	0

IN	OUT
1	1
0	1

IN	OUT
1	0
0	1

Gunst, et al. Sci Rep 6, 25136 (2016).

核放射物理学分科

大学院入試説明会 2024 5/11

高エネルギー光子（γ線, X線）による原子核励起・散乱過程の研究

原子核制御の実現

（励起状態原子核スピン操作、崩壊時間の加速・特性制御）

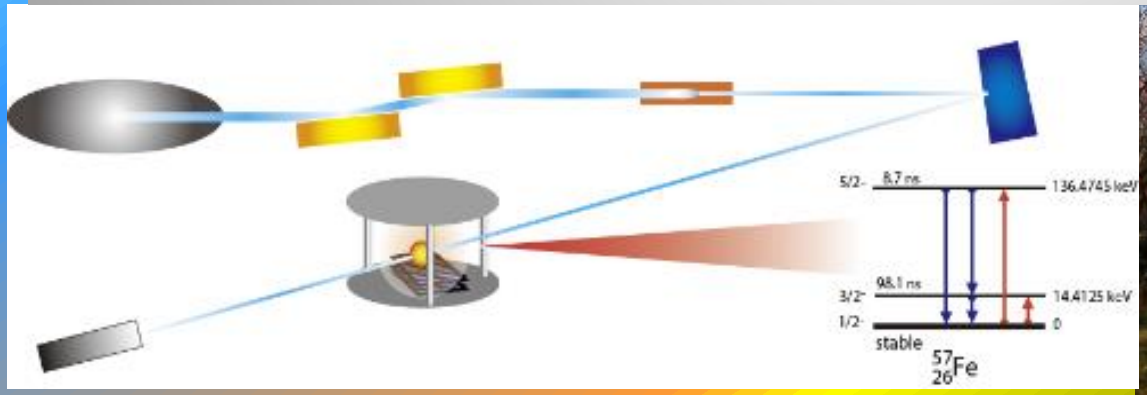
コヒーレントγ線生成、パルスγ線生成

◆ 原子核時計・量子情報科学

◆ 先端分光法開発

超高分解能、共鳴核（同位体）の利用）

物性科学、最先端ナノデバイス、生命科学、地球・惑星科学、etc

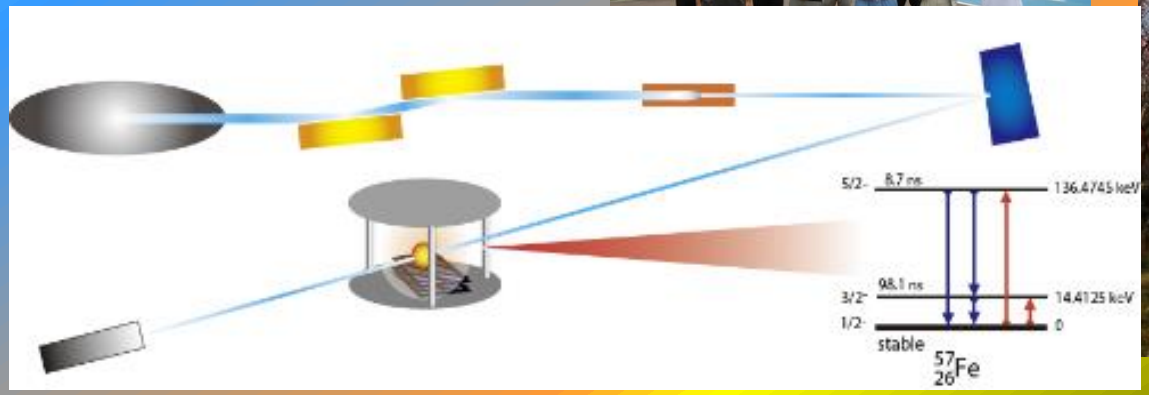


核放射物理学分科

大学院入試説明会 2024 5/11

高エネルギー光子（γ線, X線）による原子核励起・散乱過程による原子核制御の実現という新しい未踏の分野に一緒に挑戦してみたいという人達を待っています。

END



核ビーム物性学研究室(複合研@熊取)

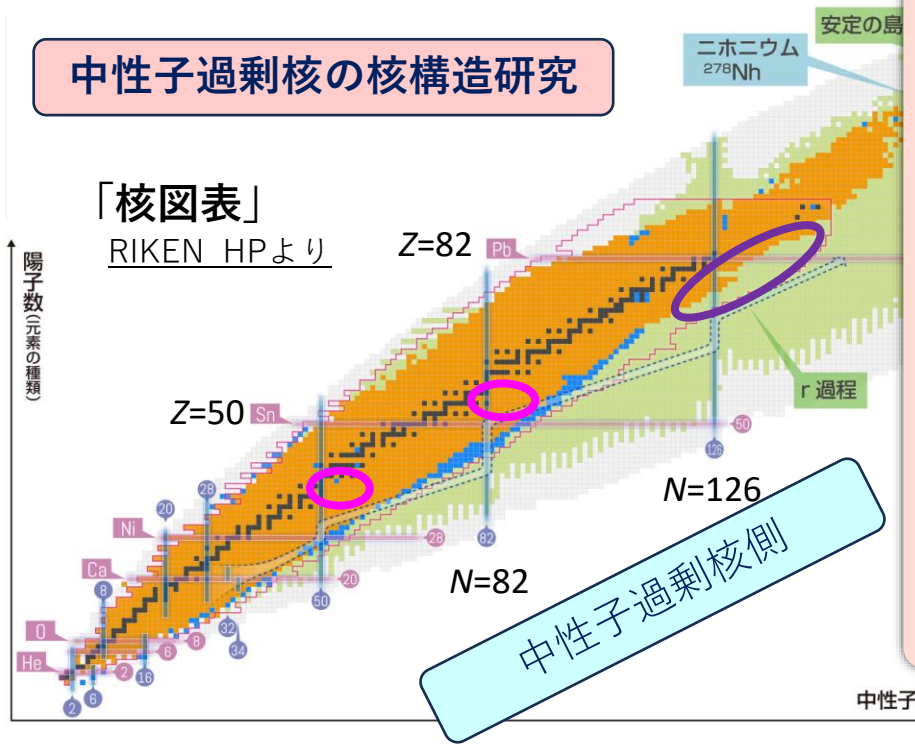
メンバー：（教員）谷口、谷垣、　（院生）2名（M2；1名、M1；1名）

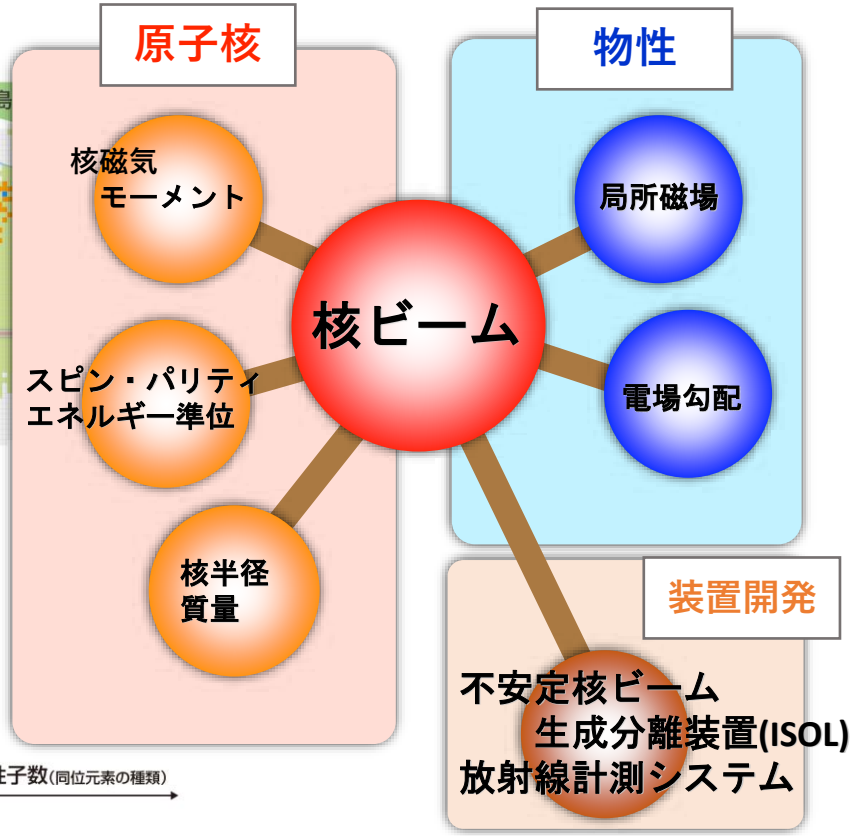
ビームになっていない放射性同位体も利用します

『核ビーム物性学』では、
不安定核ビームを用いて行う原子核物理と物性研究

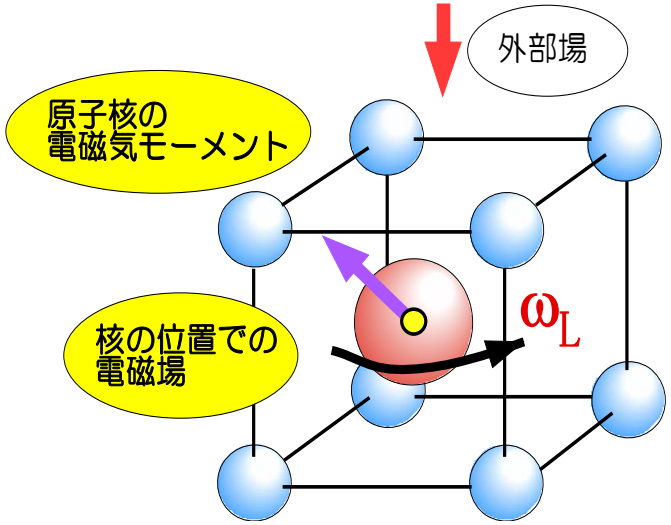
中性子過剰核の核構造研究

「核図表」
RIKEN HPより



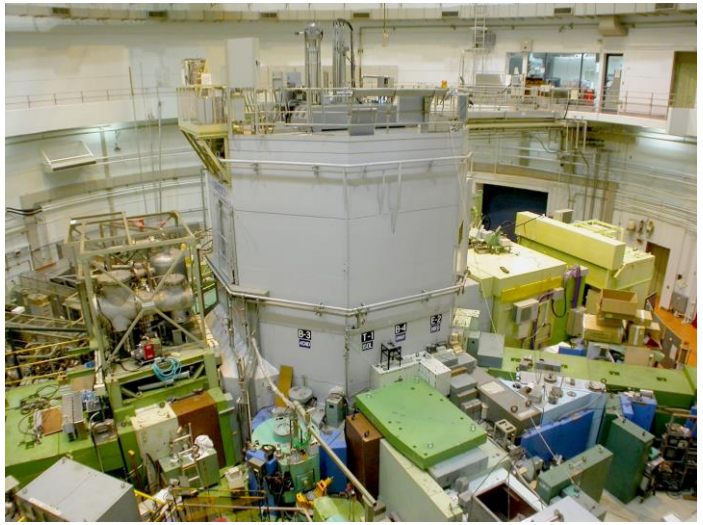


放射性原子核と物質中の電磁場との相互作用を積極的に利用

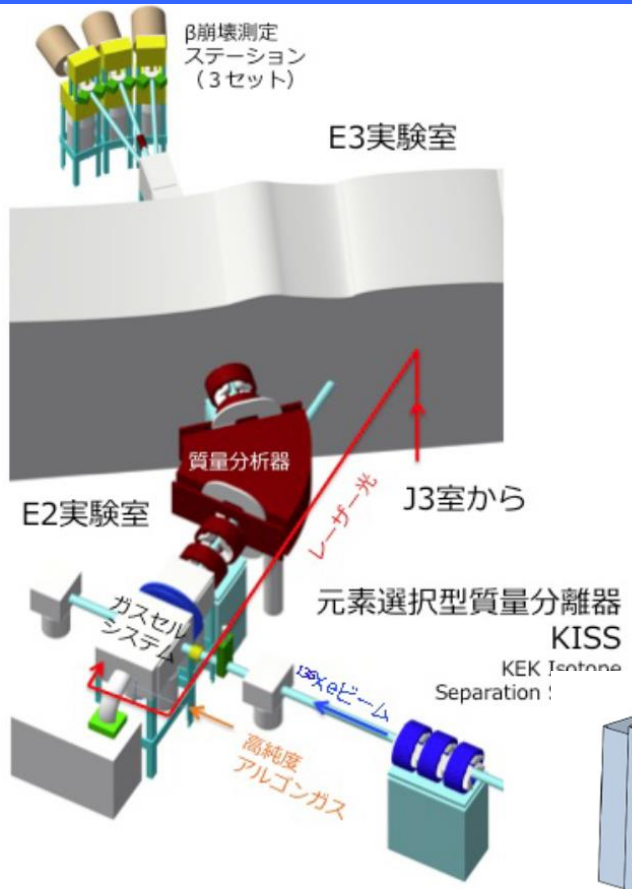


中性子過剰核の研究　@オンライン同位体分離装置(ISOL)

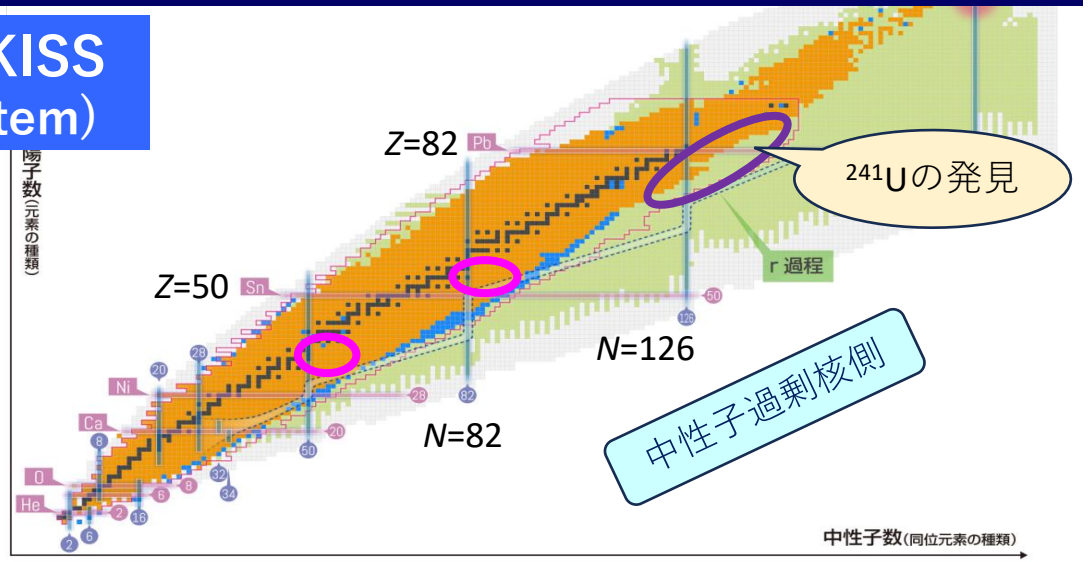
研究用原子炉のKUR-ISOL



理研RIBFに設置されているKISS (KEK Isotope Separation System)



KEK WNSC HPより



遷移領域核(*A*~150)の崩壊@KUR-ISOL

重元素核種の合成過程の解明@KISS

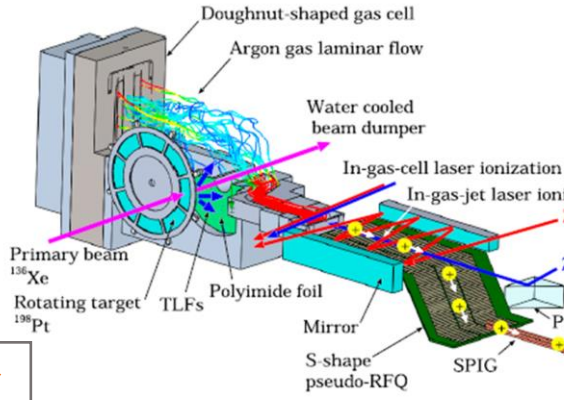
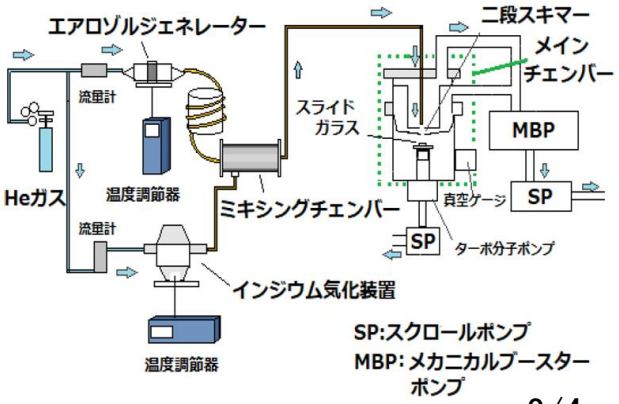


Fig. 2. Schematic view of KISS gas cell system.



装置開発

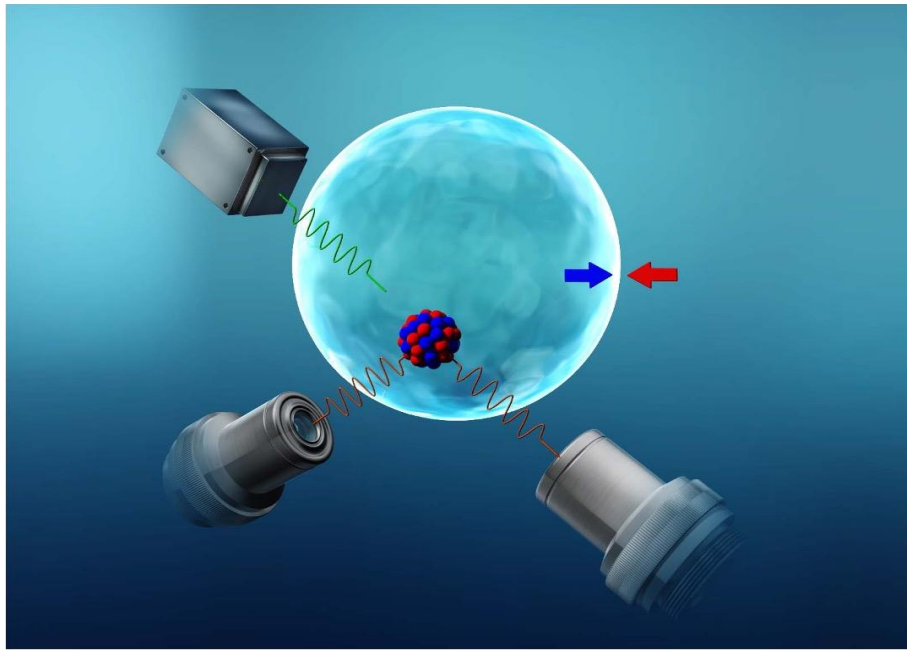
物性研究

放射性原子核と物質中の電磁場との相互作用を積極的に利用

ウルトラファインバブルの相互作用の研究

放射性物質を利用するという
新規な研究手法でアプローチ

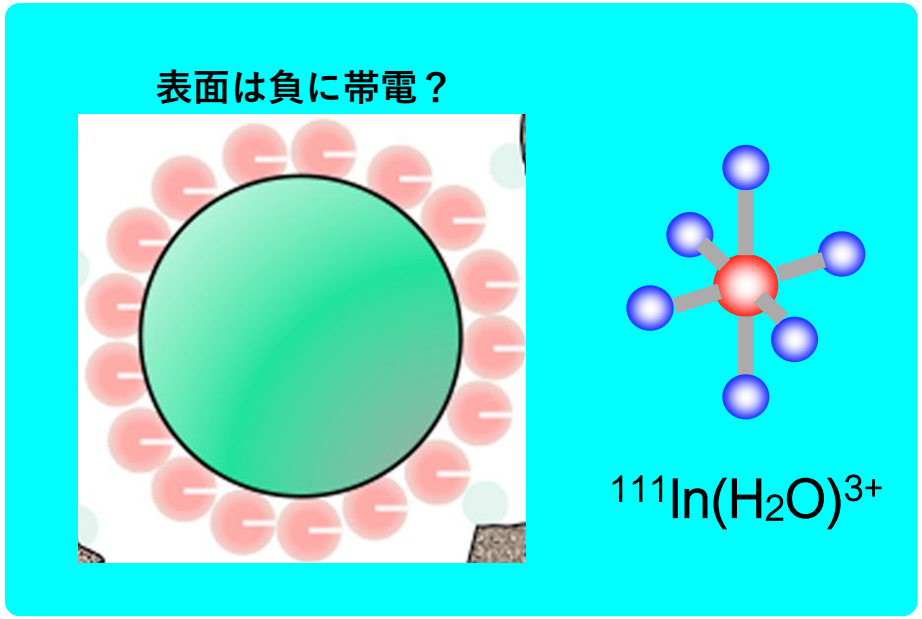
内部圧力を測る



泡の内部に不安定核を導入し、
「圧力計」とする

摂動角相関用放射線計測装置

界面の性質を調べる



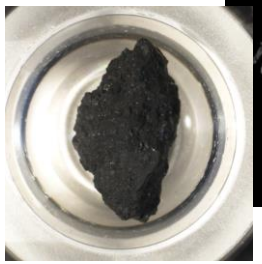
ウルトラファインバブルが含まれた
溶液に不安定核(^{111}In)を混ぜて、界面
の性質を探る

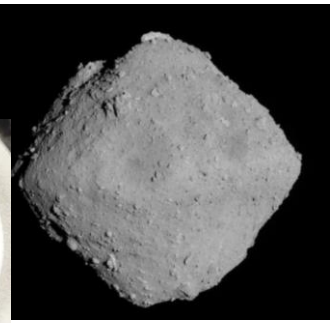
その他（番外編）

放射線測定技術の知見を活かして…

負ミュオンを用いた非破壊元素分析の技術開発　@J-PARC MLF

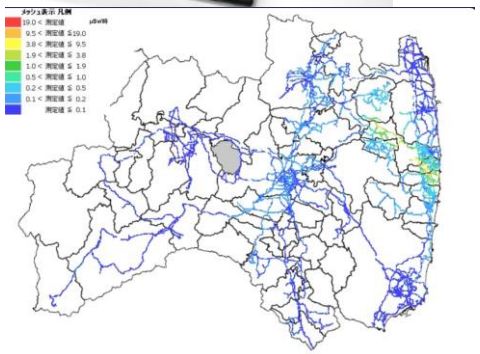
ex. 小惑星リュウグウ試料のミュオンによる非破壊元素分析





©JAXA

GPS連動型放射線自動計測システム（KURAMA）の開発



最後に

このような研究に興味を持たれた方は、
「核ビームのHP（更新中）」
をご覧ください。

核ビーム　検索

また、質問や研究室訪問については、教員宛にメール等で連絡ください