

物理学第二分野の各分科の説明

(休憩後10:55～、各分科 4分間ほど)

理論系分科

- 素粒子論
- 原子核論
- 天体核物理学

実験系分科群

- 原子核・ハドロン物理学
- 素粒子物理学
- 宇宙線物理学
- ビーム物理学／レーザー物質科学
- 核放射物理学
- 核ビーム物性学



京都大学 大学院理学研究科

物理学・宇宙物理学専攻

物理学第一分野・物理学第二分野・宇宙物理学分野

Division of Physics and Astronomy, Graduate School of Science, Kyoto University

素粒子論 分科

基本構成要素『素粒子』の『理論』研究

弦理論 : 量子重力も含めた相互作用の統一

現象論 : 標準模型を超える物理の探究

宇宙論 : 宇宙創成と進化の機構の解明

計算物理 : 物理量の第一原理計算（格子ゲージ理論等）

物理学第二教室・素粒子論研究室

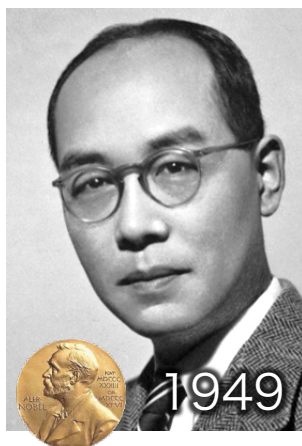
杉本茂樹、橋本幸士、福間将文、吉岡興一、吉田健太郎、杉山勝之
博士課程 7 名、修士課程 7 名

基礎物理学研究所・素粒子論グループ

青木慎也、高柳匡、国友浩、笹倉直樹、高山史宏、寺嶋靖治、本多正純
博士課程 8名、修士課程 11名

研究室の先輩たち

<http://www.nobelprize.org/>



湯川秀樹



中間子論

「素粒子論」
を創始。
基研初代所長

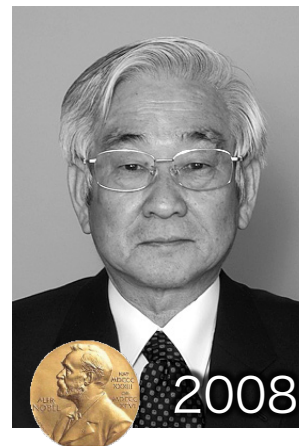


朝永振一郎



くりこみ理論

素粒子相互作用の量子論的
記述を定式化

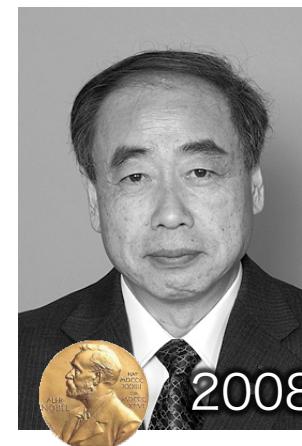


益川敏英



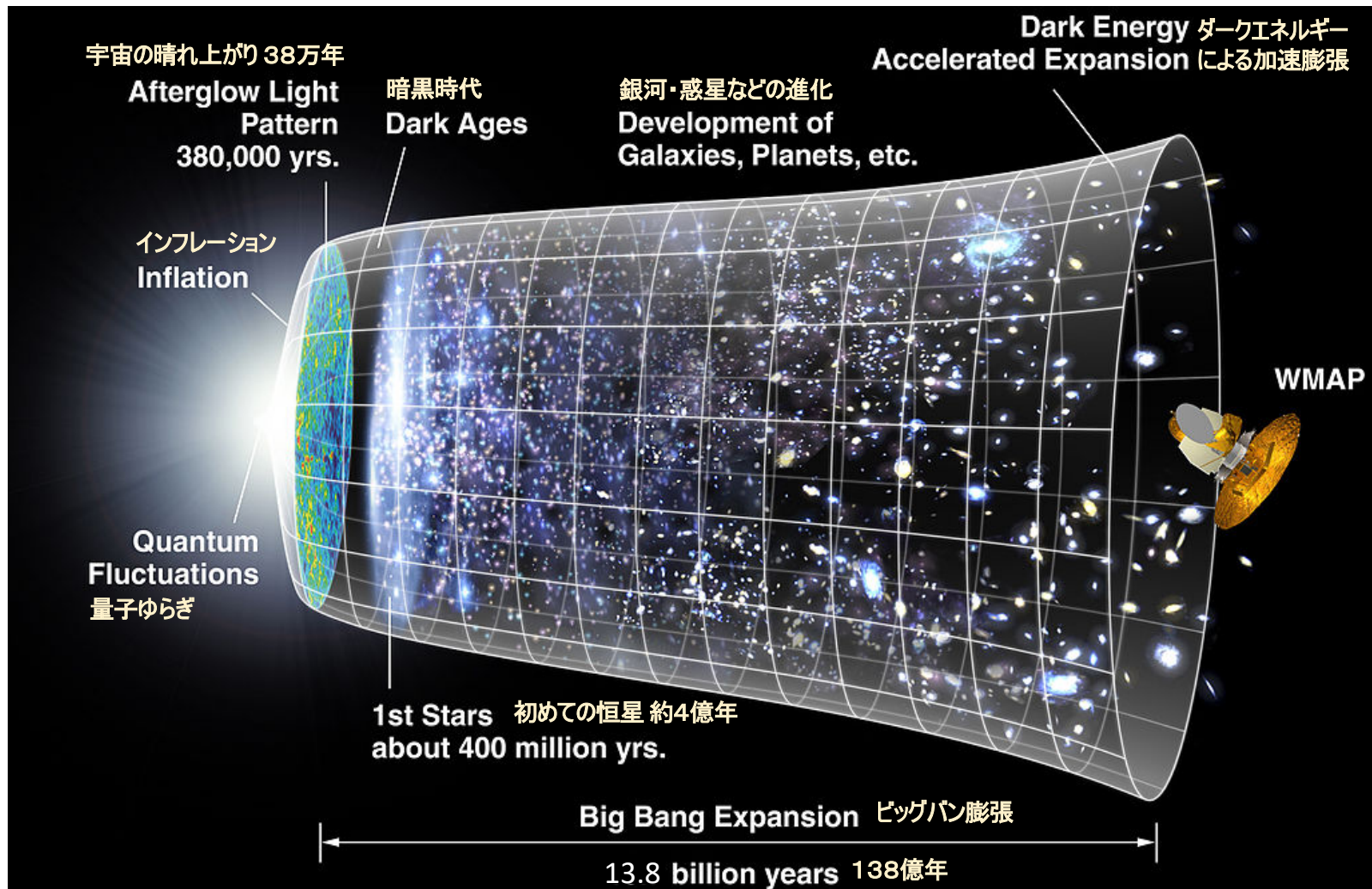
C P 対称性の破れ

我々の宇宙に必要な破れを
6種のクォークにより説明

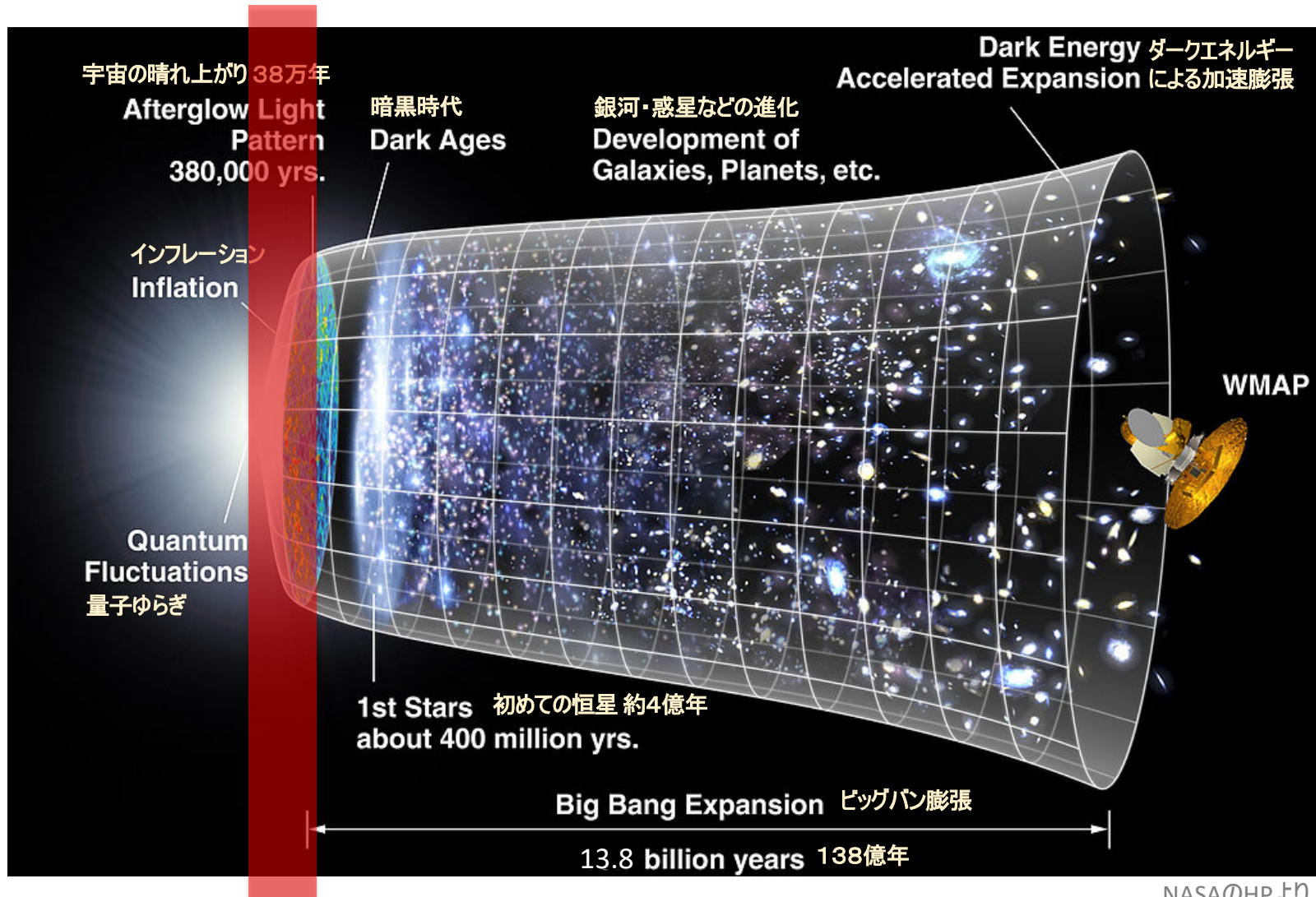


小林誠

素粒子論と宇宙



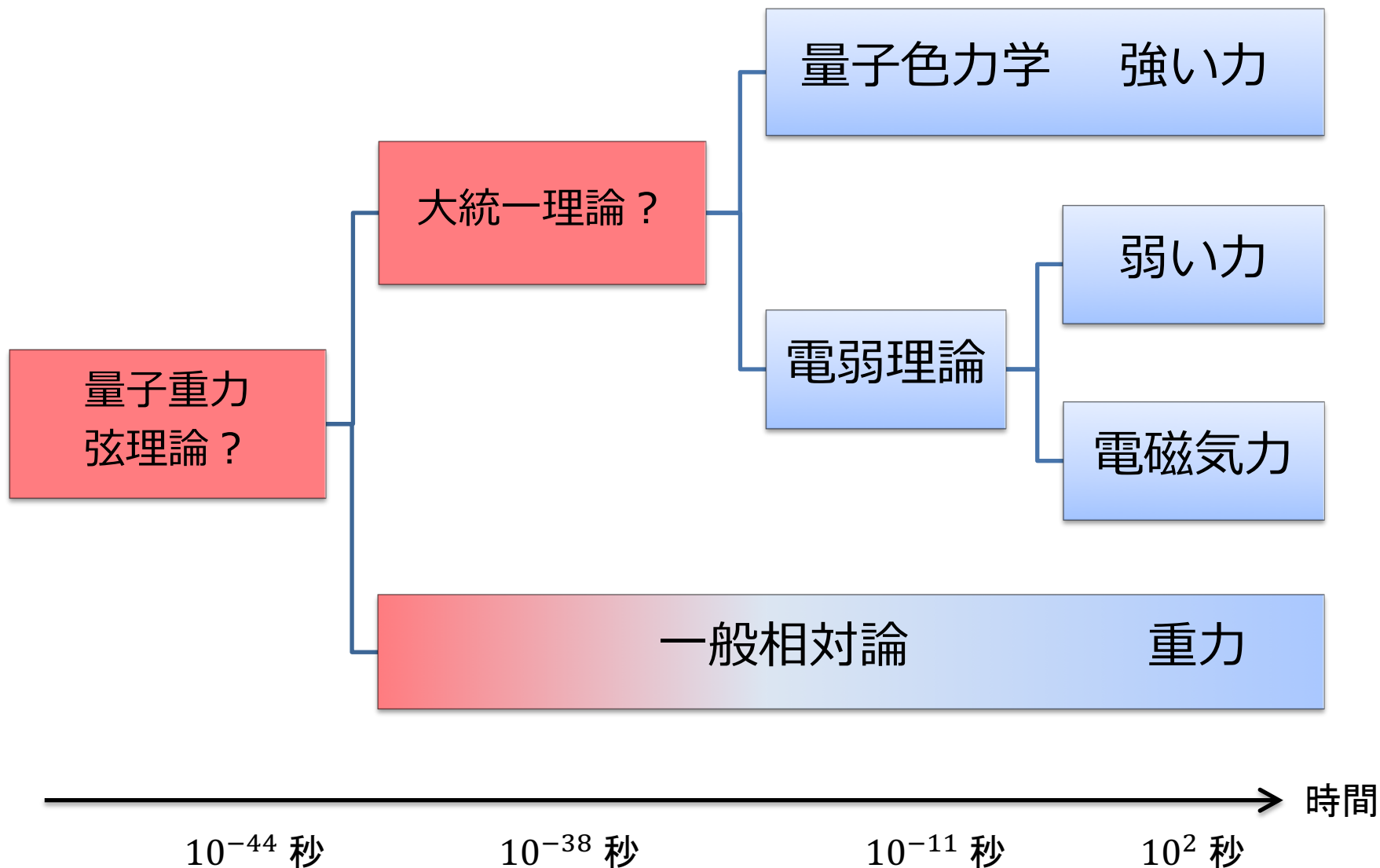
素粒子論と宇宙



NASAのHPより

素粒子論の領域

分かっていないこと ・ 分かっていること



究極理論へ

- なぜ自然界の素粒子や相互作用は現在観測されているようなものなのか？
- なぜ自然界の対称性（とその破れ）は現在観測されているようなものなのか？
- どうやって今の宇宙ができたのか？
ダークマター？ ダークエネルギー？
- なぜこの世は4次元なのか？ 等々等々



弦理論・素粒子現象論・
素粒子論的宇宙論・計算物理

素粒子論 分科

基本構成要素『素粒子』の『理論』研究

弦理論 : 量子重力も含めた相互作用の統一

現象論 : 標準模型を超える物理の探究

宇宙論 : 宇宙創成と進化の機構の解明

計算物理 : 物理量の第一原理計算（格子ゲージ理論等）

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、吉田健太郎、杉山勝之
博士課程 7 名、修士課程 7 名

基礎物理学研究所・素粒子論グループ

青木慎也、高柳匡、国友浩、笹倉直樹、高山史宏、寺嶋靖治、本多正純
博士課程 8名、修士課程 11名

京大原子核理論グループ

- 物理学教室構成員

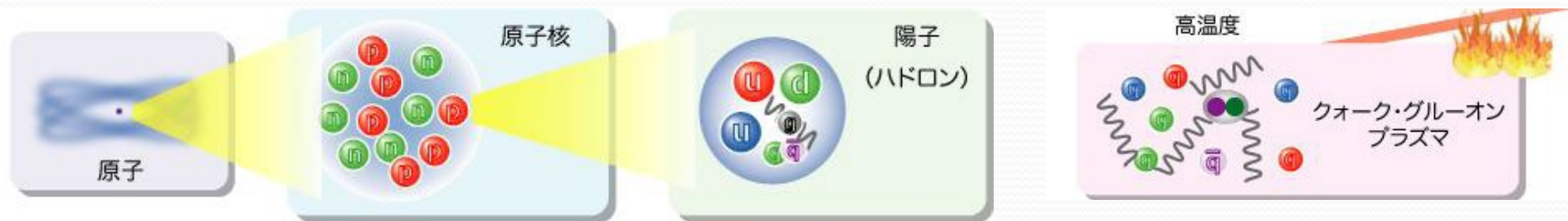
- スタッフ: 萩野浩一(教授), 菅沼秀夫(准教授),
金田佳子(准教授), 吉田賢市(助教)
- 大学院生: DC3(2), DC2(1), DC1(1) , MC2(2), MC1(2)

- 基研構成員

- スタッフ: 大西 明(教授), 谷崎佑弥(助教), +1名着任予定
- ポスドク: 3名
- 大学院生: DC3(1), DC2(1)

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10名中他大学出身者1名、留学生1名。

研究課題: クォーク・グルーオンから原子核まで

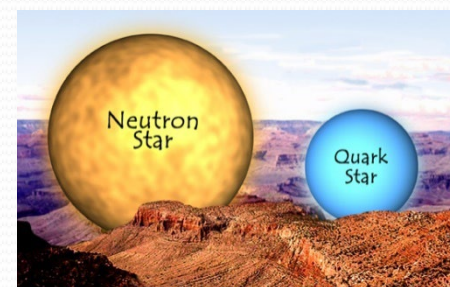


● 原子核の構造と反応

- 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

● クォーク・ハドロン物理学

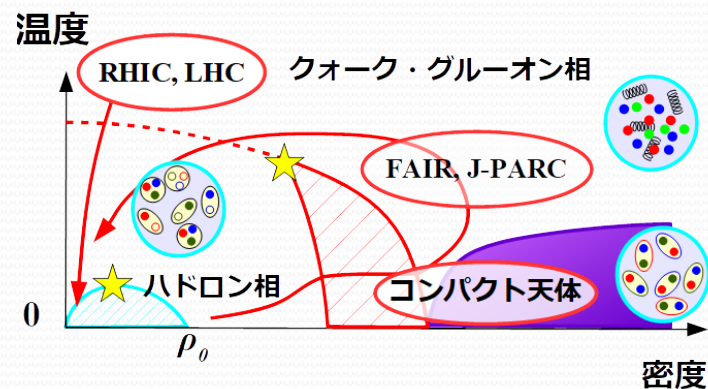
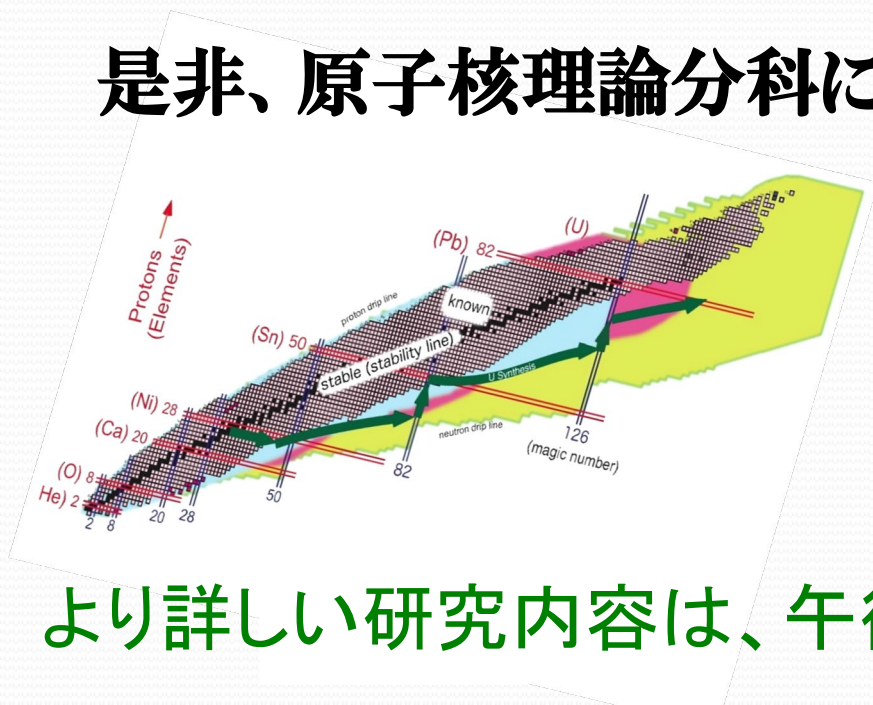
- クォーク・グルーオン「真空の相転移」(対称性の自発的破れ)
- ハドロンの構造と動力学、原子核中のハドロン
- 高温高密度クォーク・ハドロン物質(数兆度 & 千兆g/ccの世界)
- 格子QCD (QCD = 量子色力学: クォーク・グルーオンの基礎理論)



まとめ

- 「もの」に即した物質の起源に興味のある方
- 量子多体系(核子、クォーク、グルーオン、、、)のダイナミクスに興味ある方、
- 場の理論の物質への応用に興味のある方、

是非、原子核理論分科に応募チャレンジしてください。



より詳しい研究内容は、午後の研究室見学で説明します。

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、久徳

助教： 瀬戸、山田(良)、杉村(連携)

基礎物理学研究所

教授： 向山、井岡、

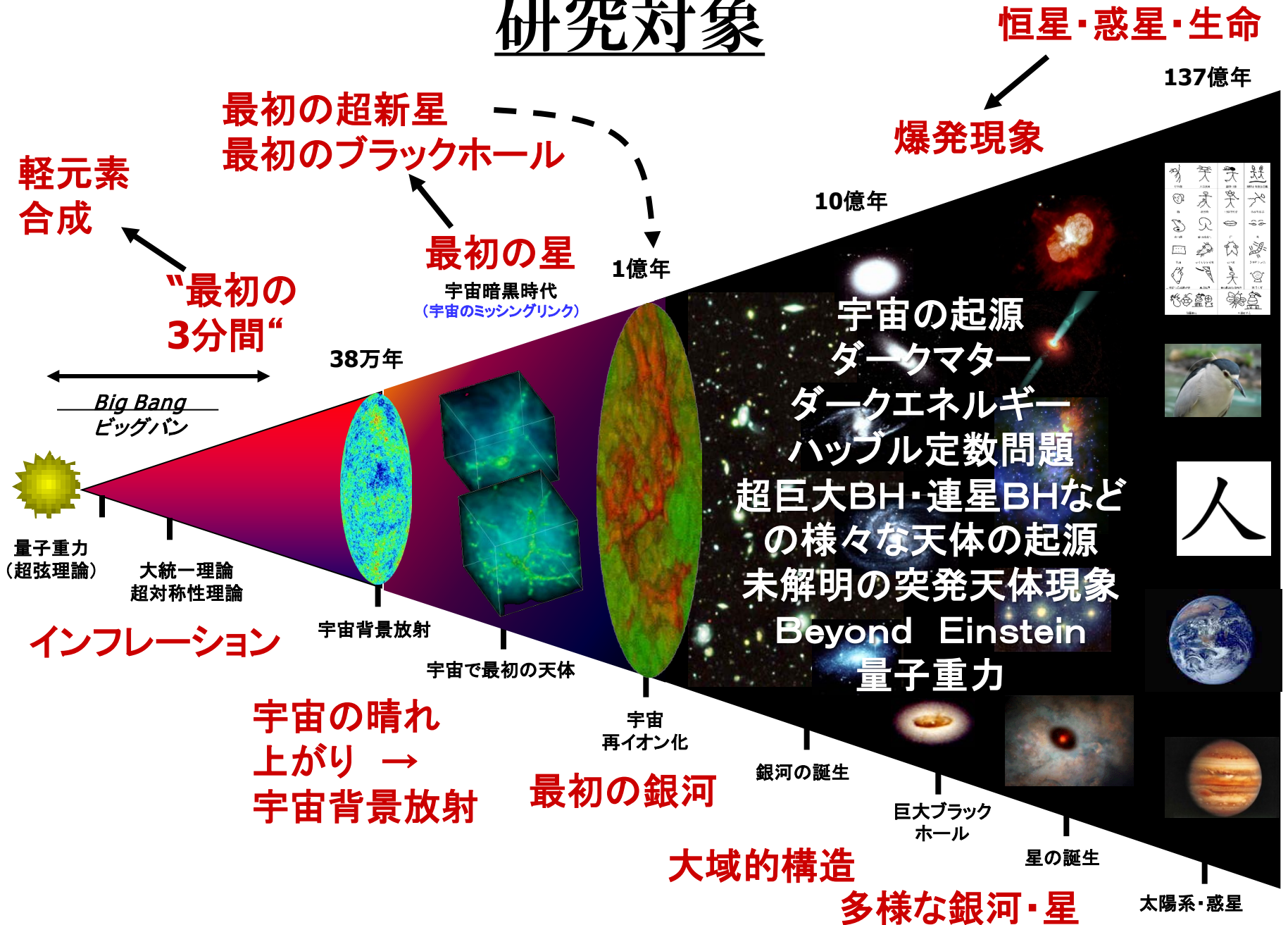
柴田(大)[Potsdam, Max Planck研究所長併任]、

准教授： 樽家、De Felice、西道(特定)

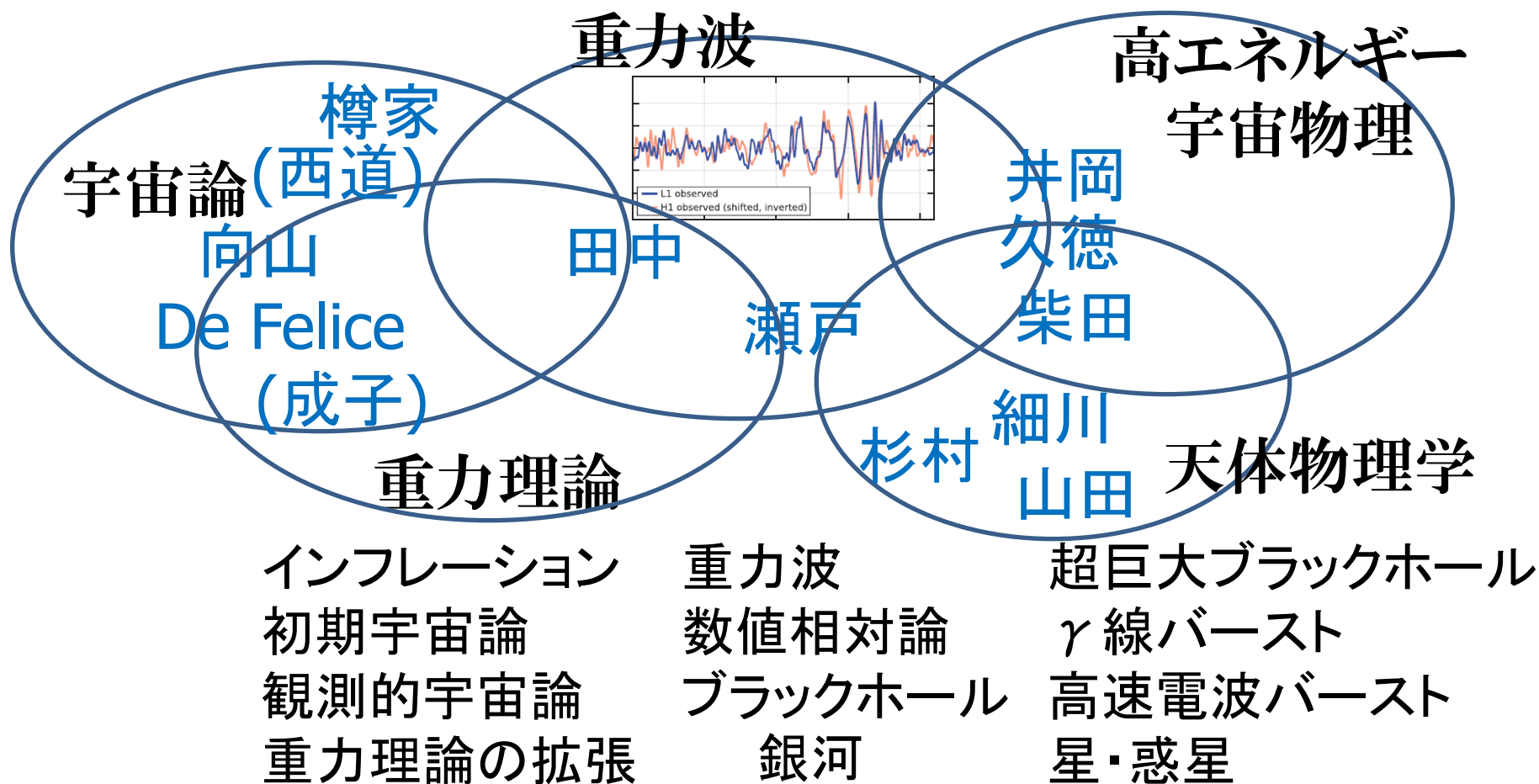
助教： 成子(特定)

他にも特任助教などの研究員が数名

研究対象



天体核グループの教員と研究対象



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）
- 講義は多彩
- 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

参考) 最近の修士論文のタイトル

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

物理学第二分野の各分科の説明

(休憩後10:55～、各分科 4分間ほど)

理論系分科

- 素粒子論
- 原子核論
- 天体核物理学

実験系分科群

- 原子核・ハドロン物理学
- 素粒子物理学
- 宇宙線物理学
- ビーム物理学／レーザー物質科学
- 核放射物理学
- 核ビーム物性学



京都大学 大学院理学研究科

物理学・宇宙物理学専攻

物理学第一分野・物理学第二分野・宇宙物理学分野

Division of Physics and Astronomy, Graduate School of Science, Kyoto University

原子核・ハドロン物理学分科紹介

教授: 永江 知文 准教授: 成木 恵、銭廣 十三

助教: 後神 利志、堂園昌伯

大学院生: 博士課程: 11名 修士課程: 10名

過去; 女性 8 名

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp>

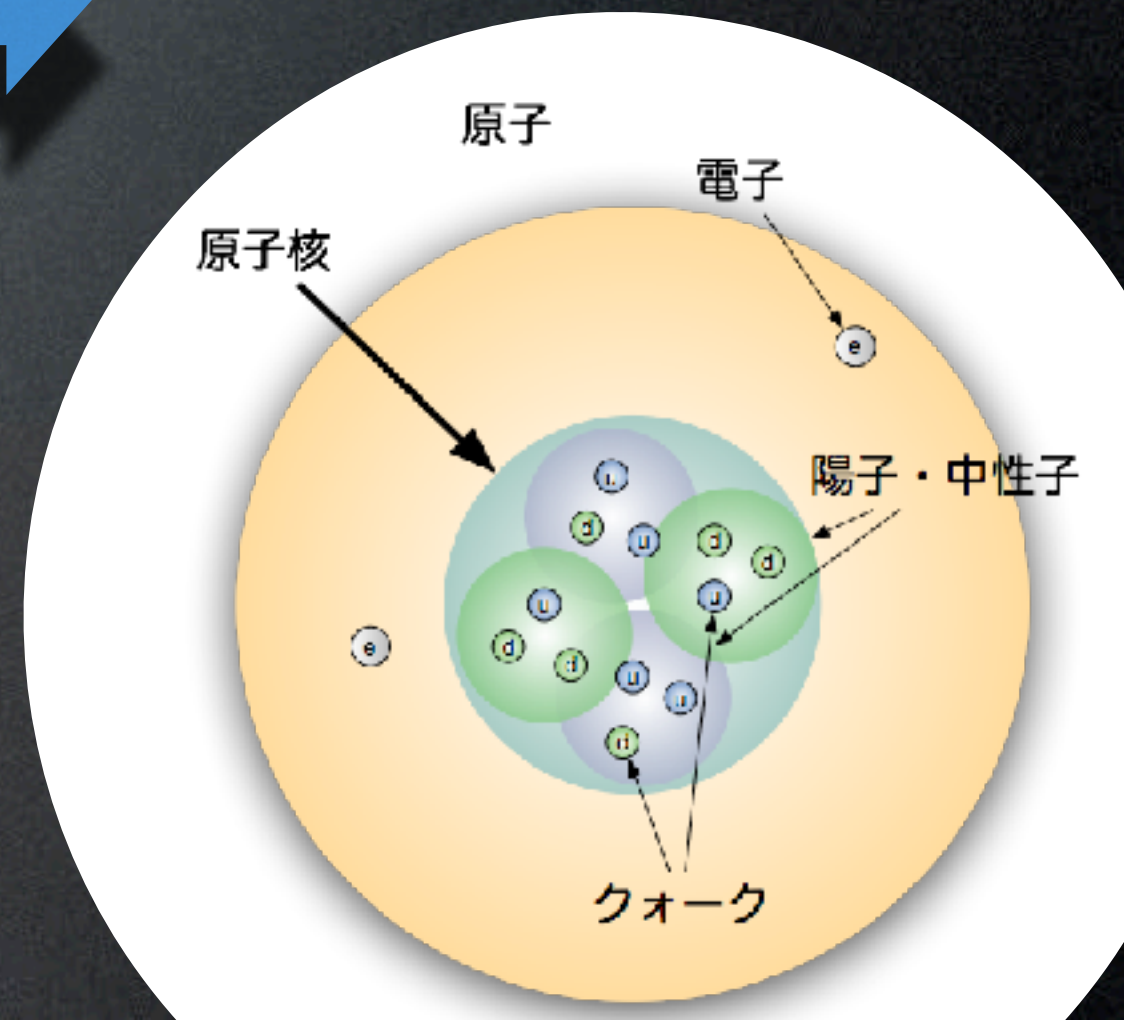
原子核ハドロン 検索

研究対象: 物質の階層構造

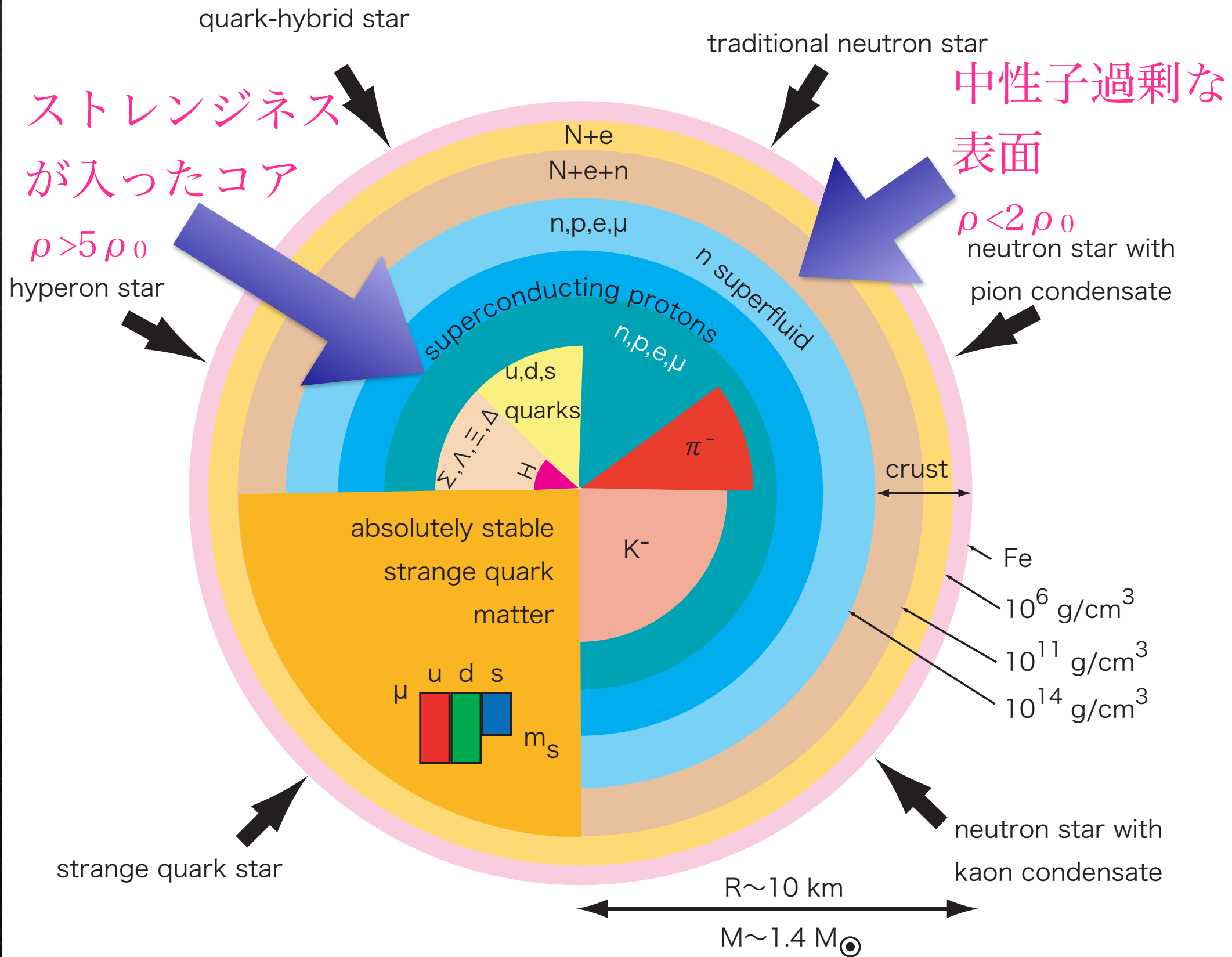
• 原子 → 原子核 → 核子 → クォーク

物質の核心を解明

- 原子: $\sim 10^{-10}$ m
- 原子核: $\sim 10^{-14}$ m
- 核子: $\sim 10^{-15}$ m
- クォーク: 点粒子
 $< 10^{-19}$ m



未解明の中性子星の内部



研究場所: 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ハドの
教員・大学院生が研究を展開しています。



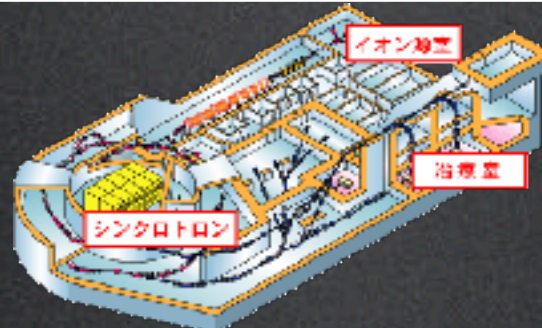
SPring-8

J-PARC

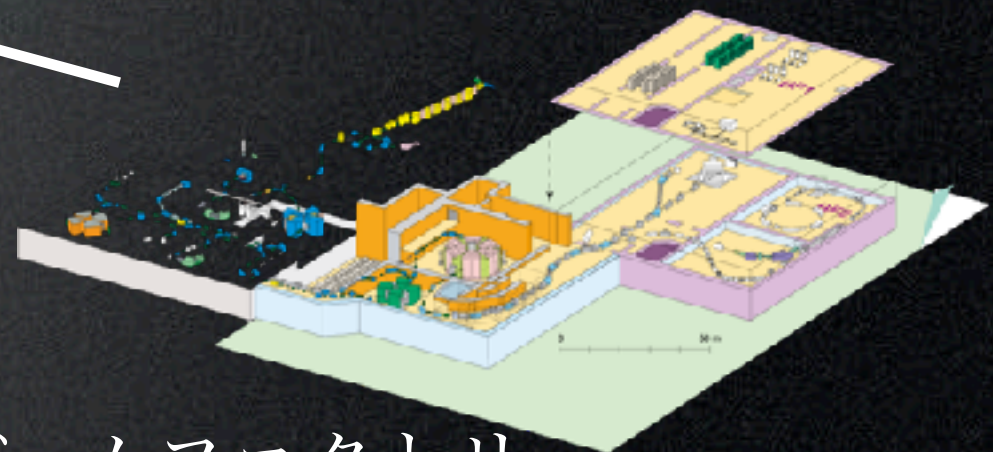


HIMAC

放射線医学総合研究所



RIビームファクトリー

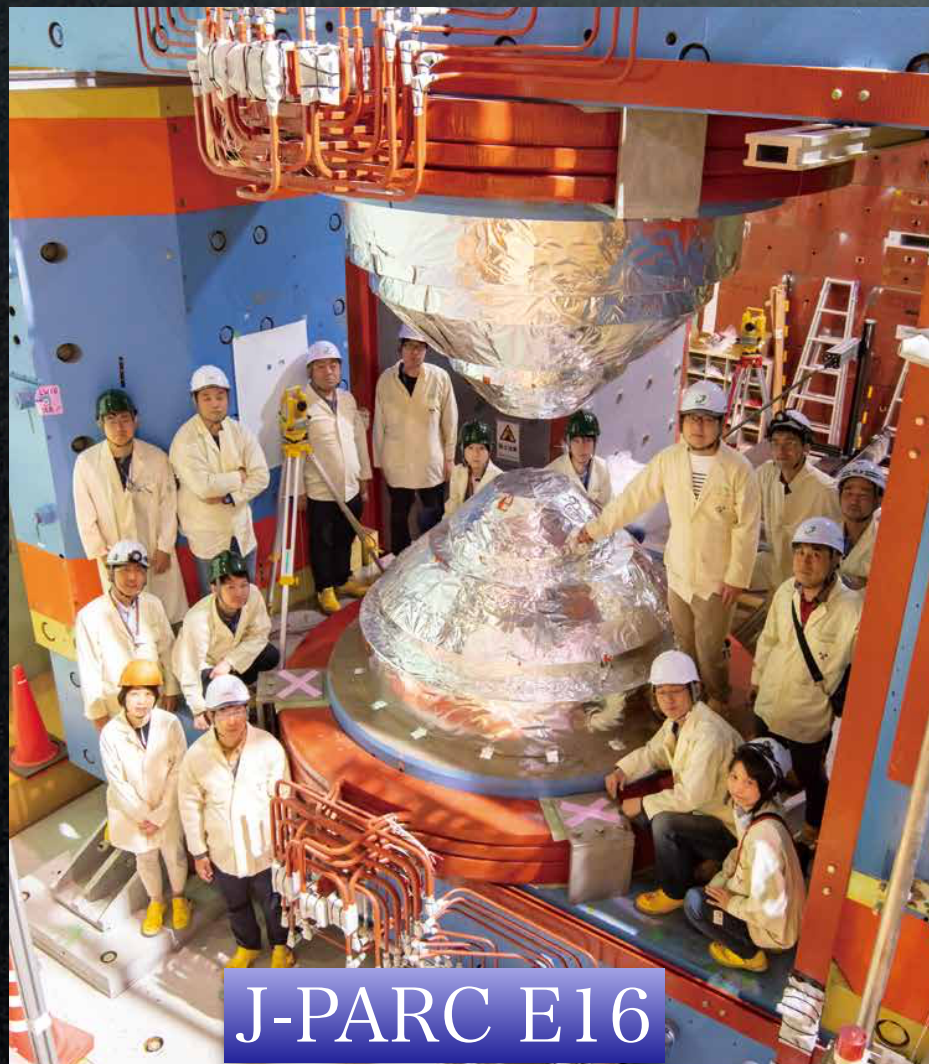


理化学研究所

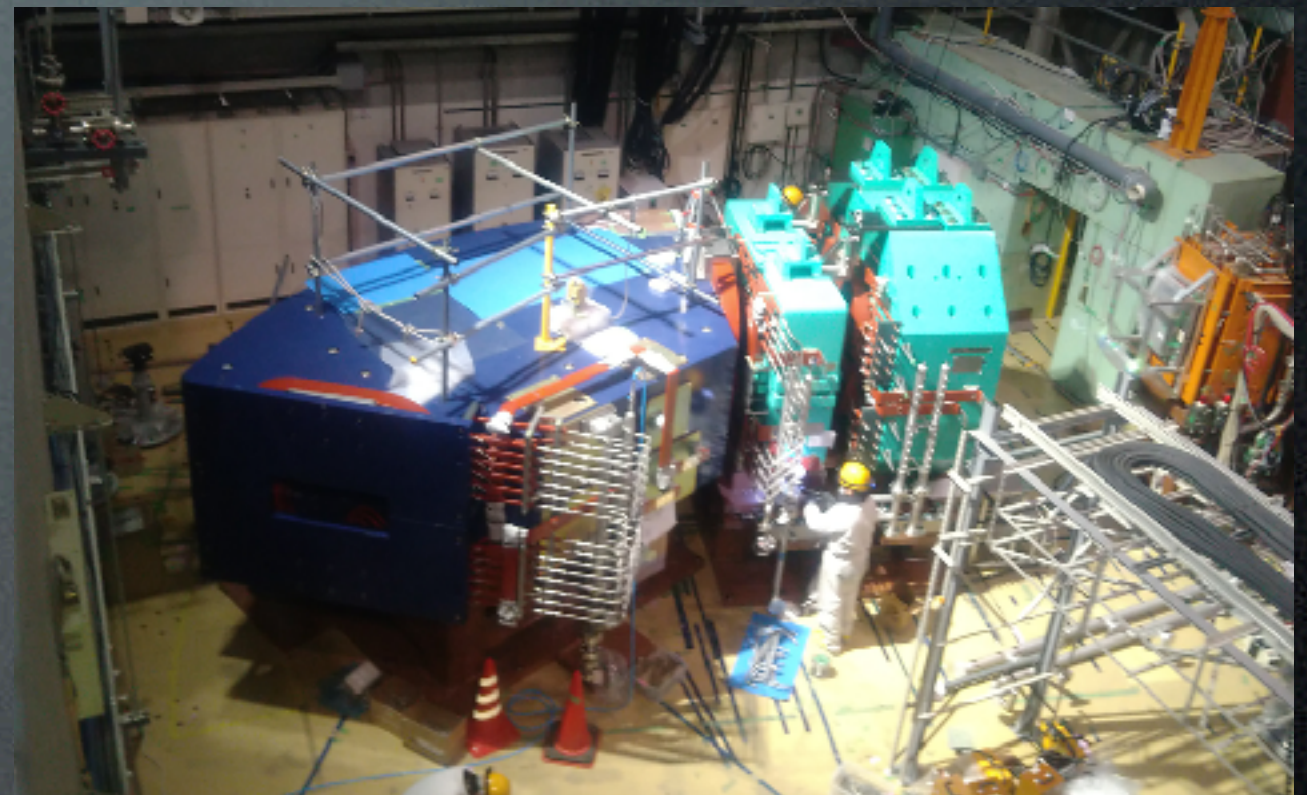
大阪大学 核物理研究センター

大型スペクトロメーターや最新の
測定器を開発・建設しています。

S-2S at J-PARC



ハドロン粒子の質量の起源



新しいストレンジネス多体系の探索

米国JLab



SAMURAI at RIBF

理化学研究所



中性子過剰な核の半径測定

ESPRI

Drift Chamber

Plastic scintillator

Solid hydrogen target





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

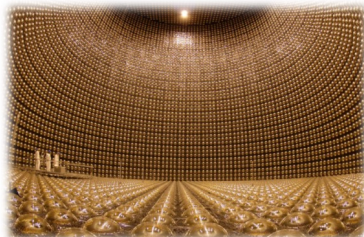
研究	メンバー	論文	よくある質問	イベント	コロキウム	セミナー	教育	内部向け	リンク
----	------	----	--------	------	-------	------	----	------	-----

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？

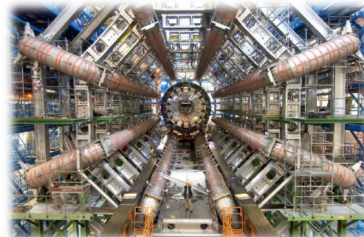
ニュートリノグループ

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39人

教員 6 (+2)、研究員3、博士 16、修士 12

高エネルギー物理学 物質と力、そして宇宙の起源 を**実験**で探る学問

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、暗黒物質、原始重力波

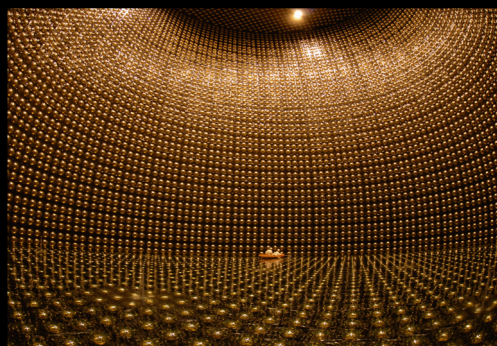
高エネルギー
“**E**”の追求



全長27km

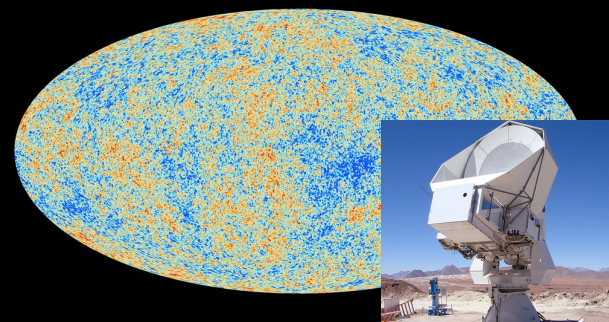
巨大加速器
LHC

$\Delta E \Delta t \sim \hbar$
“**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

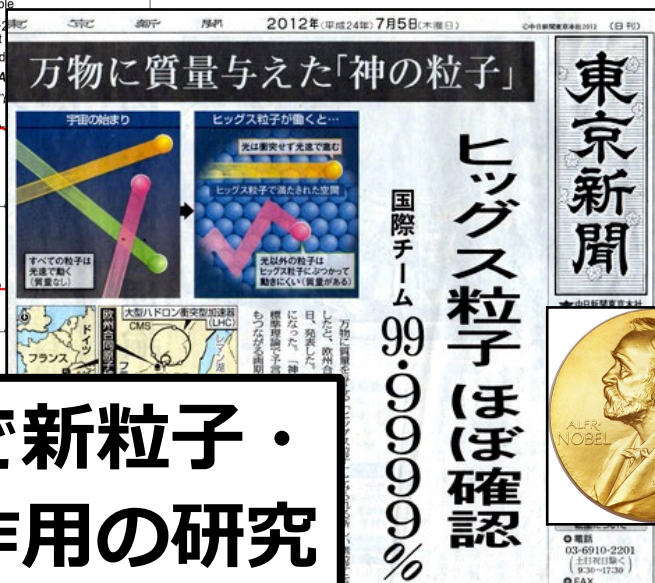
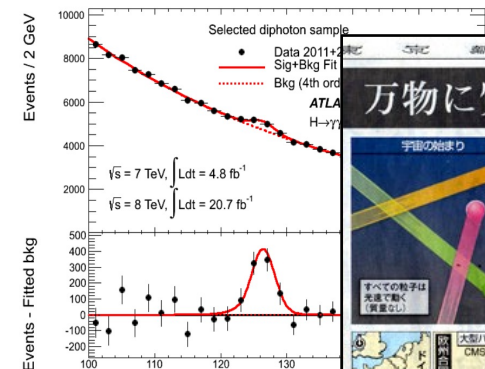
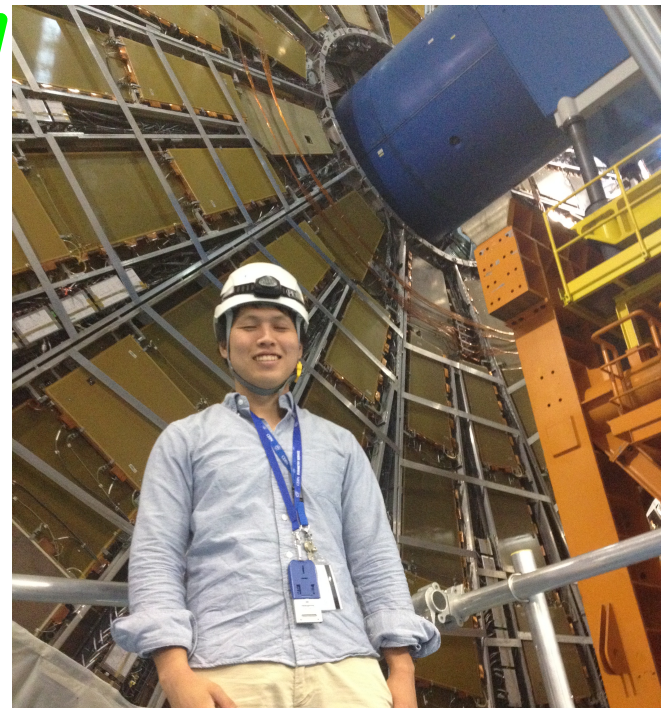
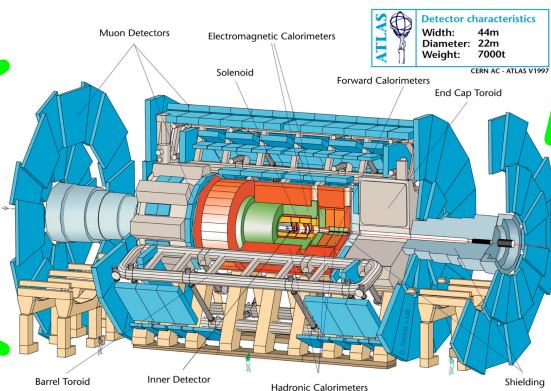


宇宙背景放射
(CMB)

**“E”
の追求**

LHC・ATLAS実験

人類史上最高のエネルギー（13 TeV）



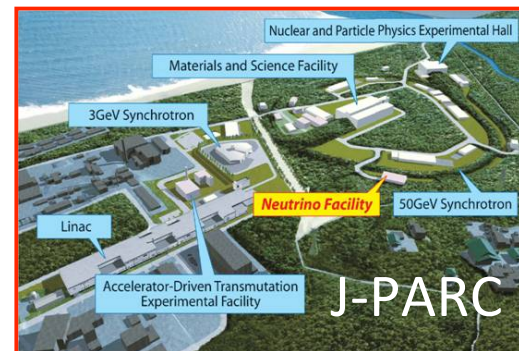
**最前線で新粒子・
新相互作用の研究**

**最重要ツール
ミュオン・トリガー
の開発・運転を主導**

T2K 長基線ニュートリノ振動実験

295 km

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」



巨大加速器と巨大検出器のハイブリッド

v と $\bar{v}$ の違いを調べて、物質優勢宇宙の起源を探る

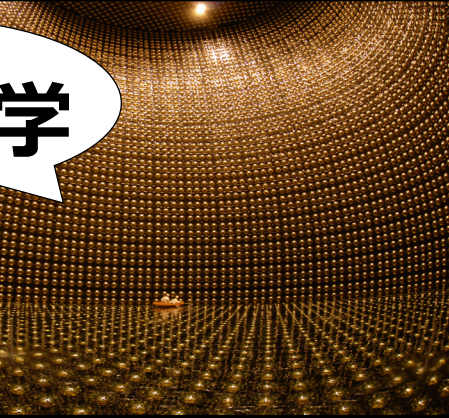
さらなる“稀”の追求

$$\Delta E \Delta t \sim \hbar$$

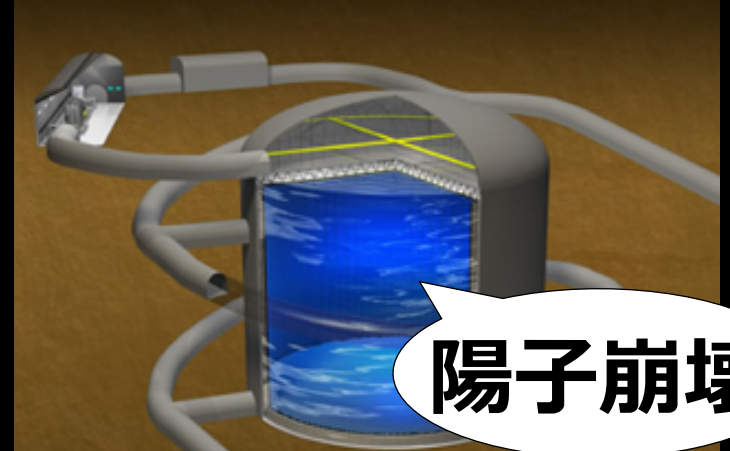
スーパーカミオカンデ

ハイパーカミオカンデ

ν 天文学



10倍

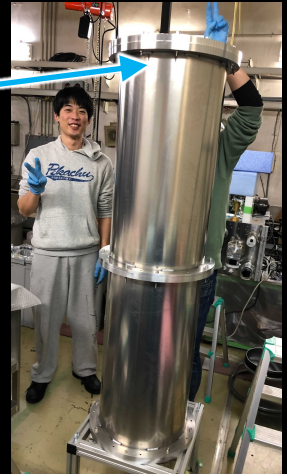
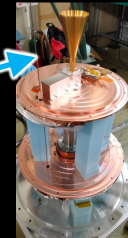
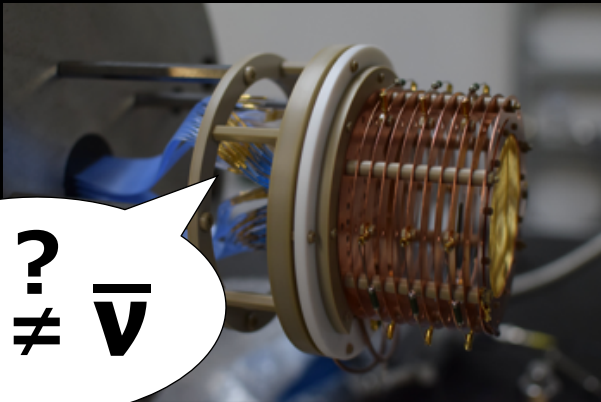


陽子崩壊

アクセル
AXEL実験

超軽量ダークマターの探索

$\nu \neq \bar{\nu}$



“始”
の追求

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



サイモンズ
オブザーバトリ



森林限界を
超えた高地



**世界の仲間と「協力」・「競争」しながら、
宇宙創成を記述する真の物理像を切り拓く**

**世界一の実験をするために、
物理を考える・装置を作る・データを取る
シミュレーション・データ解析
結果を出して、論文を書く**

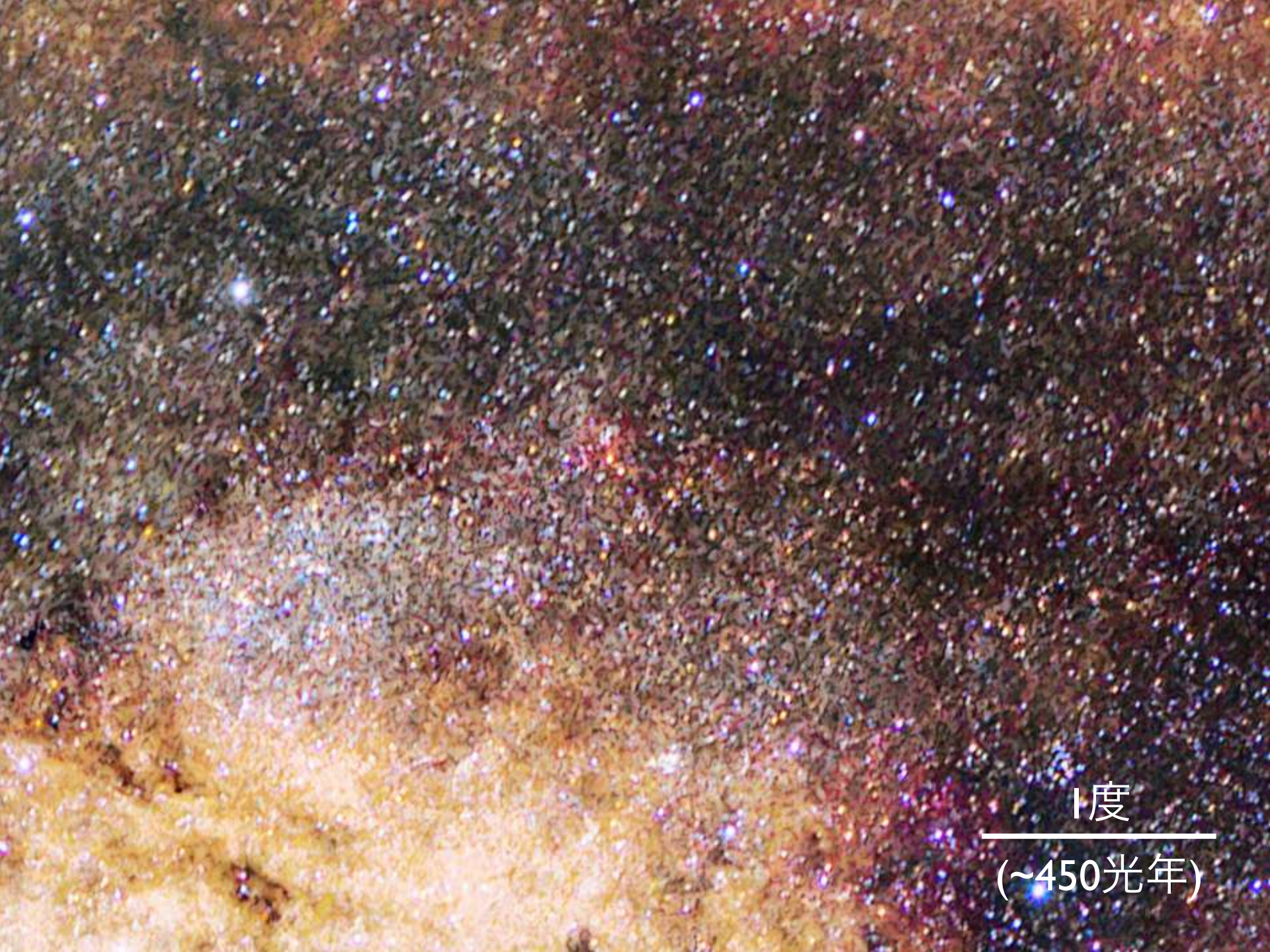
宇宙線物理学分野 (X線・ガンマ線天文学)

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/>

観測の地平を切り拓く新型装置を自ら開発し、
活動天体を10桁に渡る多波長で自ら観測し、
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。





1度

(~450光年)

高エネルギー宇宙の世界



京大開発のX線CCDカメラで撮影した
天の川銀河中心のX線画像（世界一の感度）

高エネルギー宇宙の世界

超巨大ブラックホール

1億度プラズマ
アウトフロー

X線反射星雲

超新星爆発・残骸

PeVatron

TeVガンマ線星雲

GeVガンマ線超過

京大開発のX線CCDカメラで撮影した
天の川銀河中心のX線画像（世界一の感度）

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

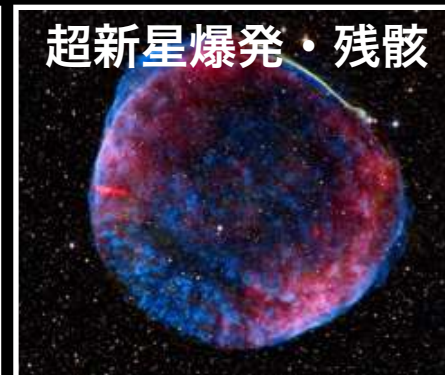
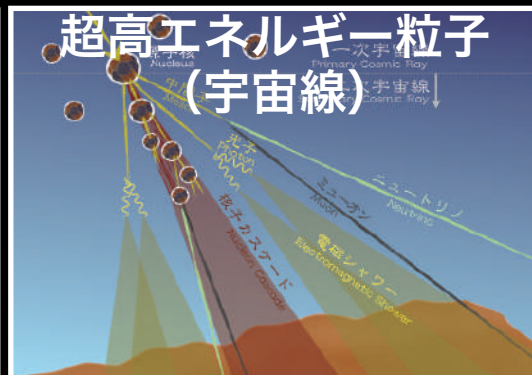
超新星の爆発機構・元素の起源

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

装置開発

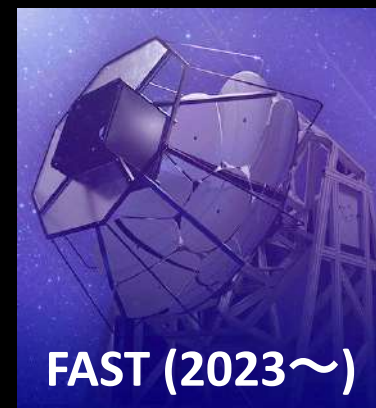
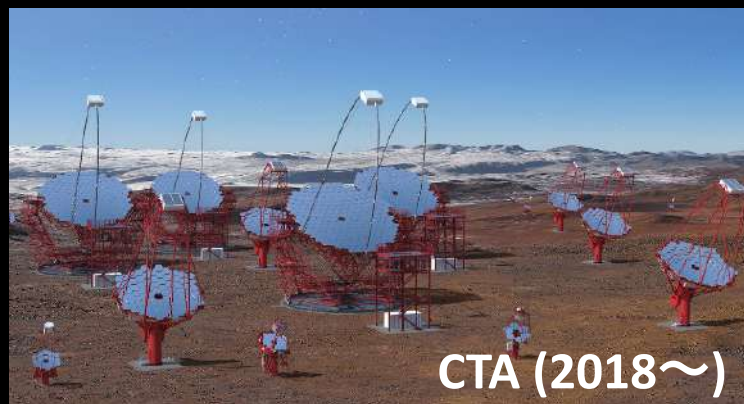
新しい発見は、新しい観測装置から。



FORCE衛星計画 (2032～)



SMILE気球実験 (2018～)



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。

装置開発

新しい発見は、新しい観測装置から。

大面積X線カメラ



コンプトンMeVカメラ



チェレンコフTeV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。

大学院生こそ色々活躍できる！



「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

宇宙線物理学分野 (X線・ガンマ線天文学)

研究室紹介のビデオ



宇宙線研究のFRONT RUNNERS 京都大学白眉センター 特定助教 藤井 俊博 (現 大阪公立大学 准教授)

251 回視聴 • 2022/04/14

Kyoto University / 京都大学
チャンネル登録者数 5340人

チャンネル登録

<https://www.youtube.com/watch?v=eMaFA6vJBnc>

宇宙線物理学分野 (X線・ガンマ線天文学)

お待ちしております

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/>
「京大 宇宙線研究室」で検索



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
助教	小川原 亮
技術職員	頓宮 拓
M2	前原 義樹
M1	吉田 暁

加速器とその要素技術開発によって世界唯一の実験装置を創る

Ongoing

- 不安定原子核電子散乱実験（SCRIT）
- 稀少RIの精密質量測定（R3: Rare-RI Ring）
- RI・RI核反応研究を目指す蓄積リング開発（RUNBA）

Planned

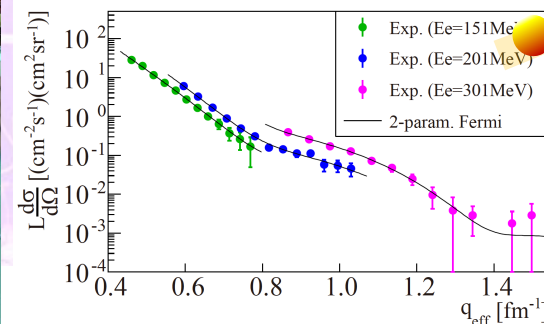
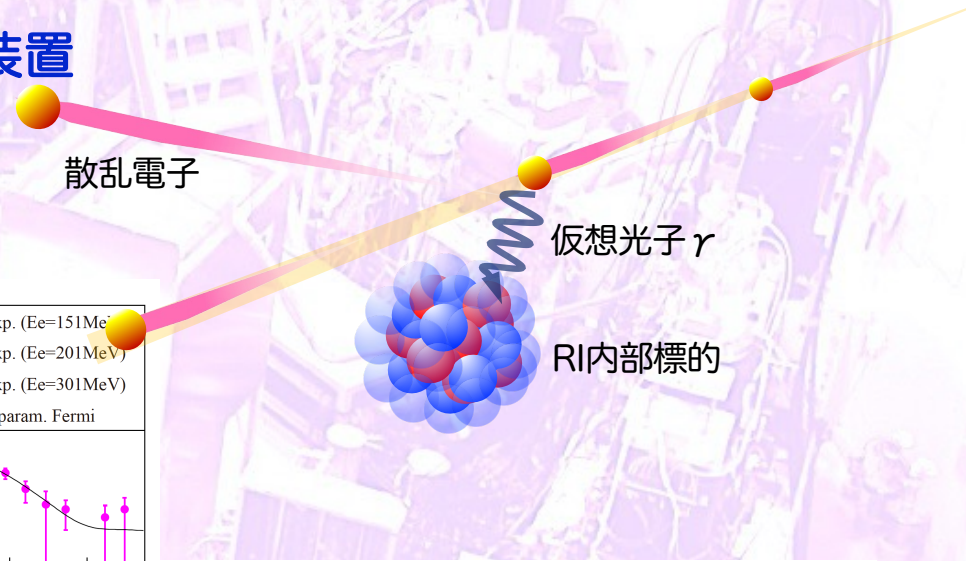
- 同位体分離器（ISOL）の開発建設（@KAKEN）

SCRIT・不安定核電子散乱

共同研究・京大化研、理研仁科、東北大電子光、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

電子ビームプローブによる不安定核構造研究



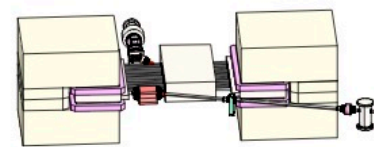
FRAC
クーラーバンチャ

ERIS
同位体生成分離器

SCRIT
RI内部標的

(Self-Confining RI Ion Target) 電子蓄積リング (SR2)

WiSES
散乱電子分析器

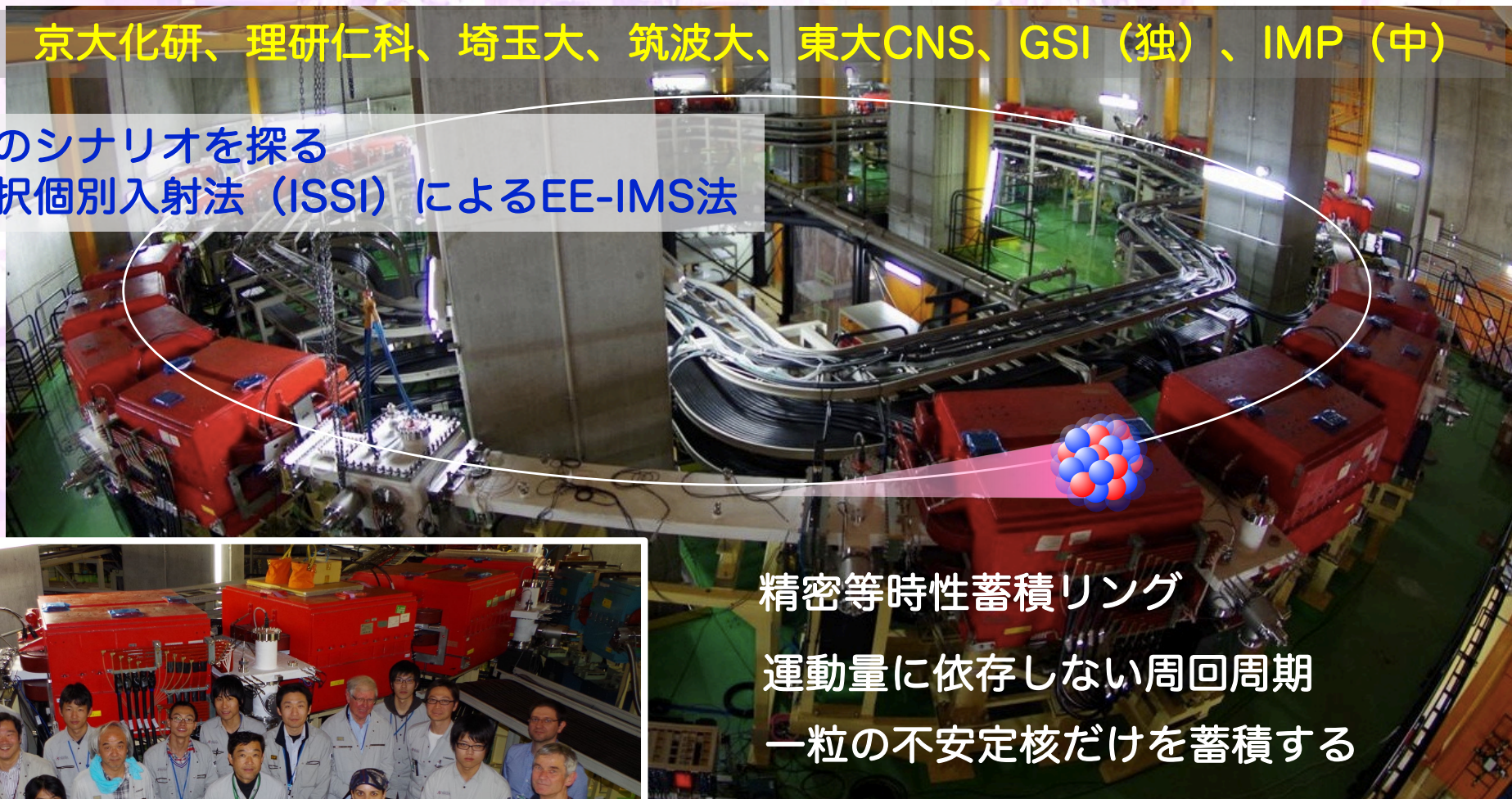


マイクロトロン (RTM)

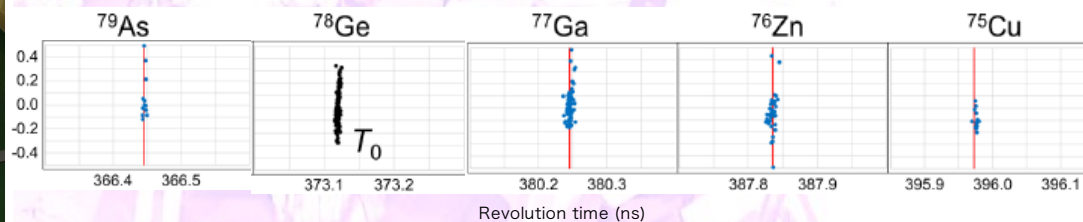
Rare-RI Ring 超稀少RIの超高速精密質量測定

共同研究 京大化研、理研仁科、埼玉大、筑波大、東大CNS、GSI (独)、IMP (中)

元素合成のシナリオを探る
同位体選択個別入射法 (ISSI) によるEE-IMS法



精密等時性蓄積リング
運動量に依存しない周回周期
一粒の不安定核だけを蓄積する

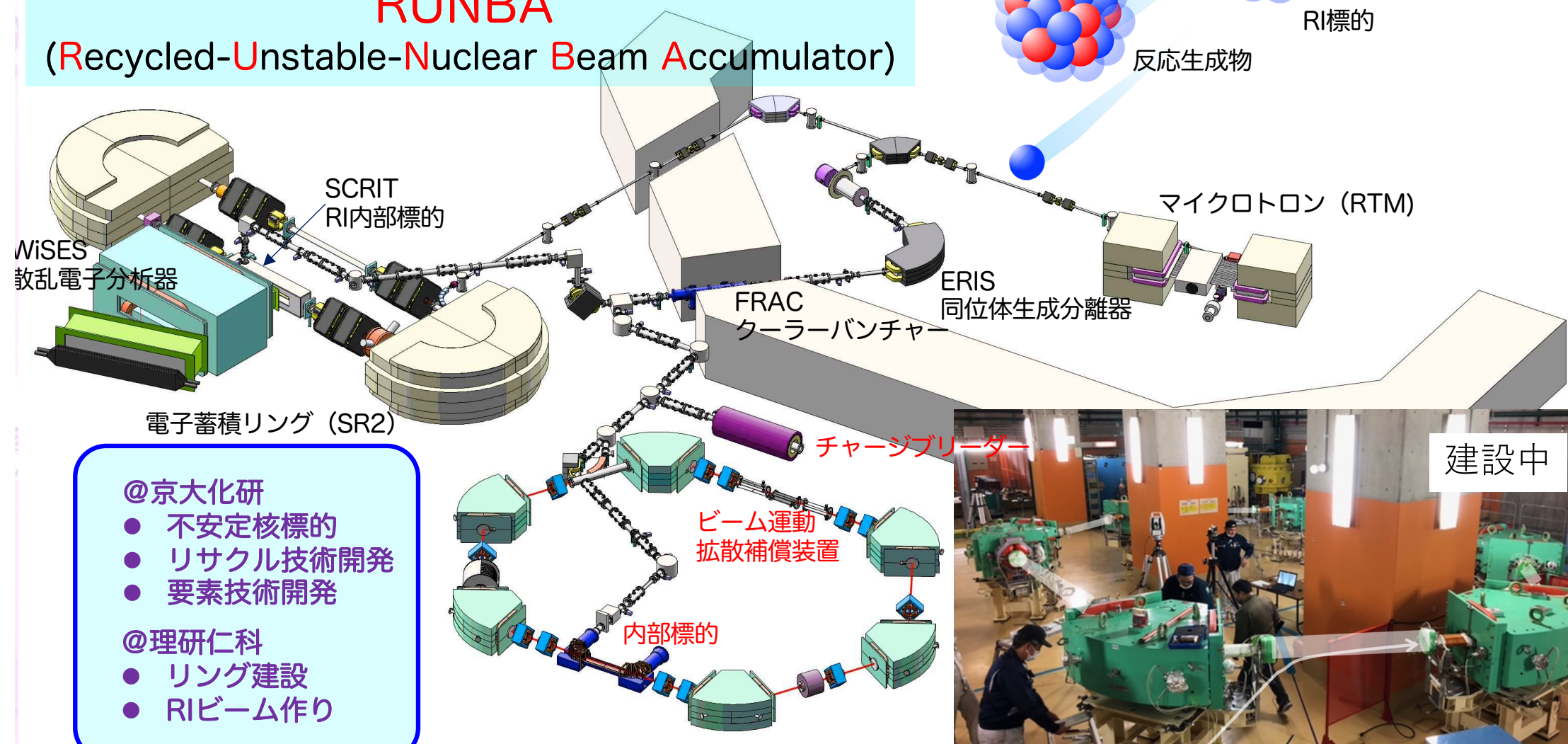
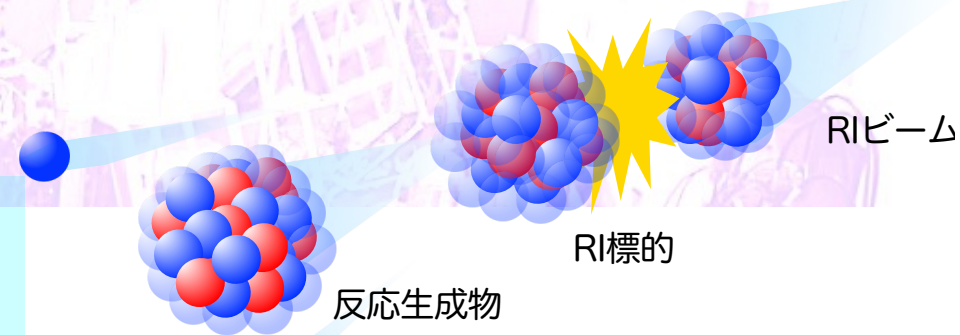


稀少RIの核反応 (京大化研・理研仁科連携研究)

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
- リサイクル技術開発
- 要素技術開発

@理研仁科

- リング建設
- RIビーム作り

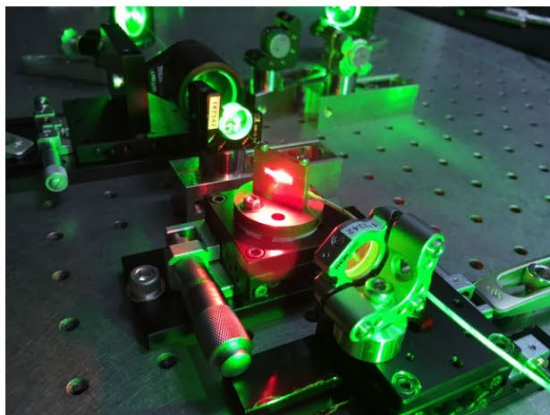




LASER LAB

京都大学 化学研究所 先端ビームナノ科学センター レーザー物質科学研究領域

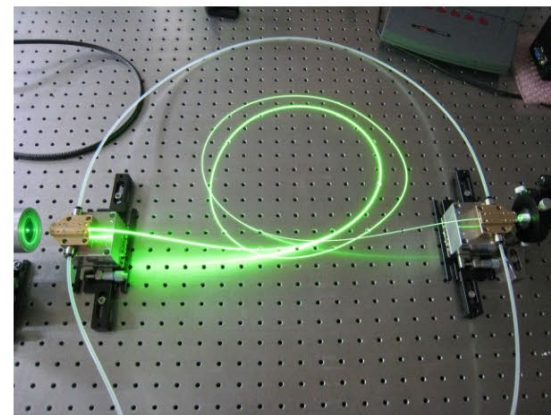
高出力レーザーの探求を通して光科学の未来を開拓する



先端レーザー光源



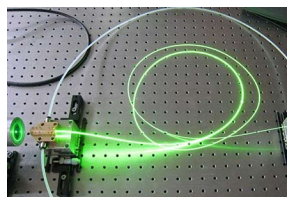
レーザープラズマ相互作用



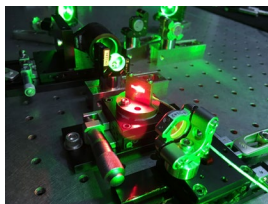
新産業創出

レーザー物質科学 研究内容

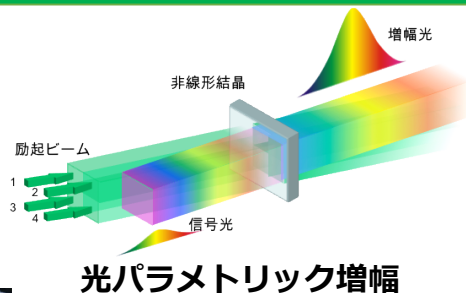
超高強度中赤外レーザー



ファイバーレーザー



固体レーザー

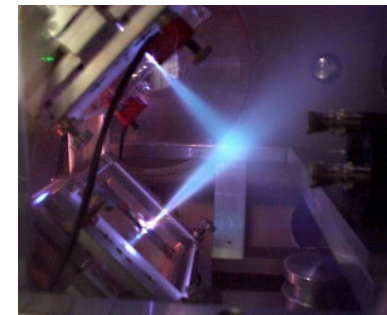


光パラメトリック増幅

コヒーレントX線発生

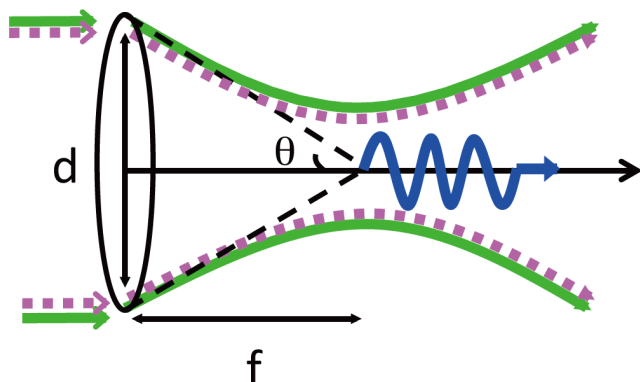


超高強度レーザー装置



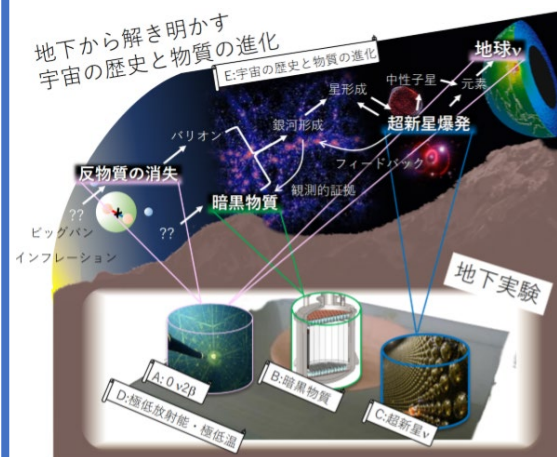
プラズマミラー

暗黒物質の探索

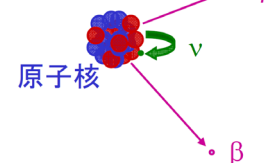


真空内四光波混合による
アクシオン等の未知粒子の探索

二重ベータ崩壊の研究



ニュートリノを放出しない
二重ベータ崩壊



⁴⁸Caの二重ベータ崩壊
の観測

核放射物理学分科

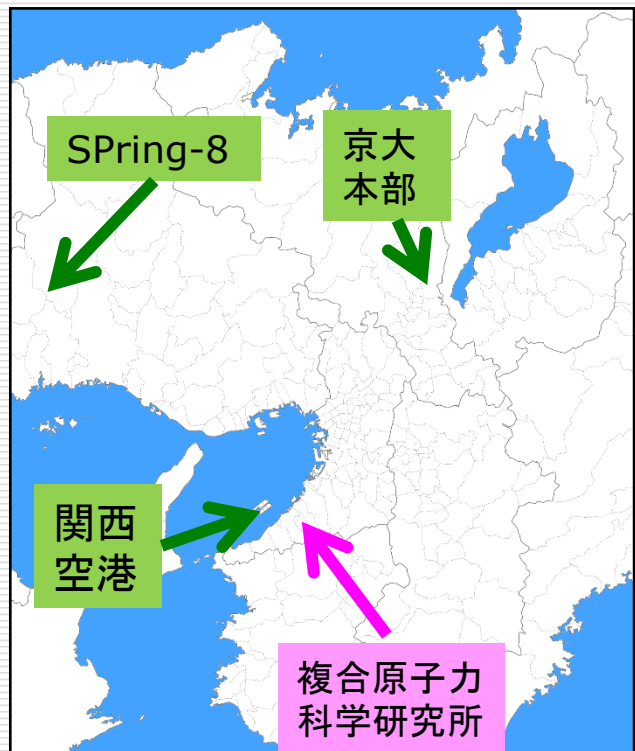
物理学第二教室 協力講座
(複合原子力科学研究所)

教授:瀬戸 誠、准教授:北尾 真司、助教:小林 康浩

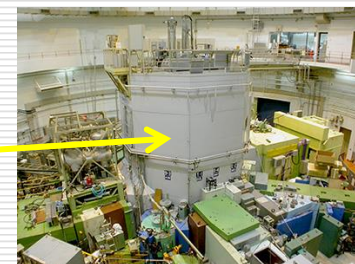
- ◆ 原子核的手法を用いて物性科学を解明
- ◆ 物性科学の手法を用いて原子核を制御

原子核科学と物性科学のかけはし

京都大学 複合原子力科学研究所 (大阪府泉南郡熊取町)



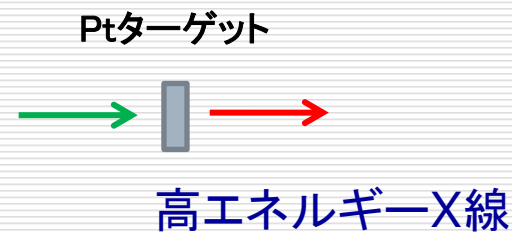
研究炉(中性子)



研究炉炉室



線形加速器(電子)



多様な**短寿命放射性同位体**を生成可能

さまざまな照射場が利用可能

主要放射光施設(第3世代)



www.esrf.eu

European Synchrotron Radiation Facility(フランス)

6GeV



www.aps.anl.gov

Advanced Photon Source(アメリカ)

7GeV



www.desy.de

DESY Petra III (ドイツ)

6GeV



www.spring8.or.jp

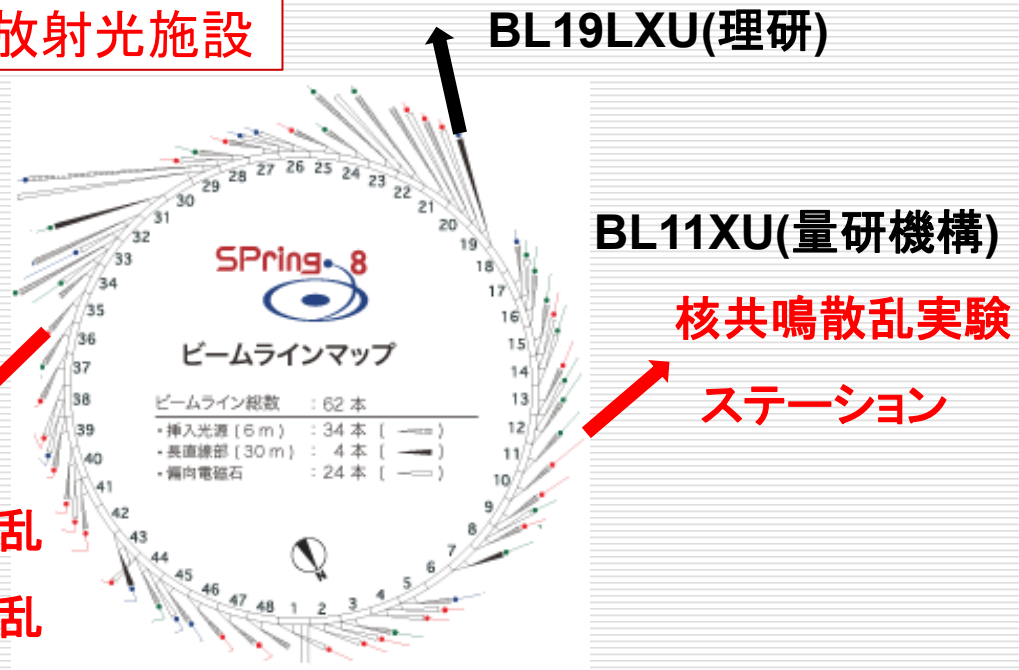
SPring-8 (兵庫県)

8GeV

世界最先端の放射光施設を利用

核共鳴散乱実験ステーション

SPring-8 (兵庫県) 世界最先端の放射光施設



BL35XU
非弾性散乱
核共鳴散乱
ビームライン

核共鳴散乱ステーション2021年度移設・高度化完了

世界に先駆けた核共鳴散乱実験を実施

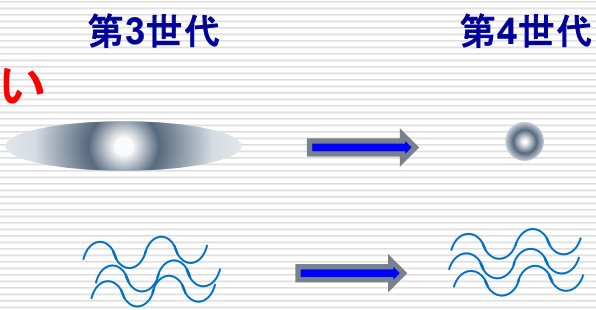
www.spring8.or.jp

放射光施設の高度化計画

第4世代 放射光施設

低エミッタンス化 ⇒ 空間・角度広がりが極めて小さい
(エミッタンス=電子ビームの空間・角度広がり)

コヒーレンスの向上 ⇒ 可干渉サイズ拡大



<更新済み>

ESRF ⇒ ESRF- EBS (フランス)

<計画中>

APS ⇒ APS-U (アメリカ)

新規参入 ⇒ HEPS (中国)

DESY Petra III ⇒ Petra IV (ドイツ)

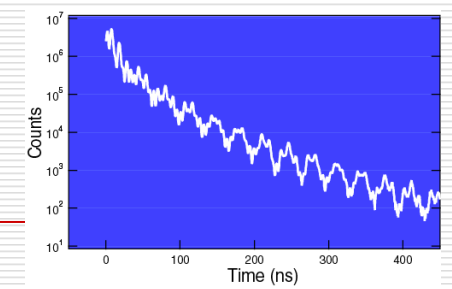
SPring-8 ⇒ SPring 8 - II

放射光でのコヒーレンスは部分的



第4世代放射光による原子核励起
新しいX線光学は未知の領域

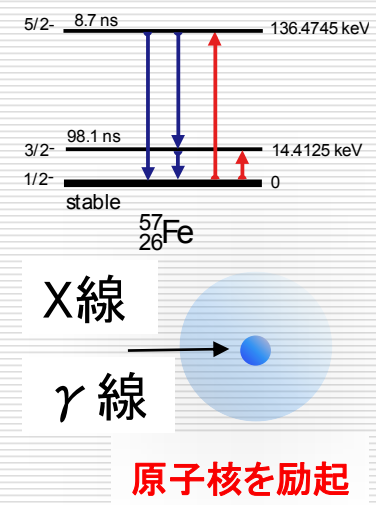
研究内容の概要



- ◆ 原子核的手法を用いた新しい手法の開発→物性科学を説明
- ◆ 物性科学を駆使したユニークな実験→原子核科学研究

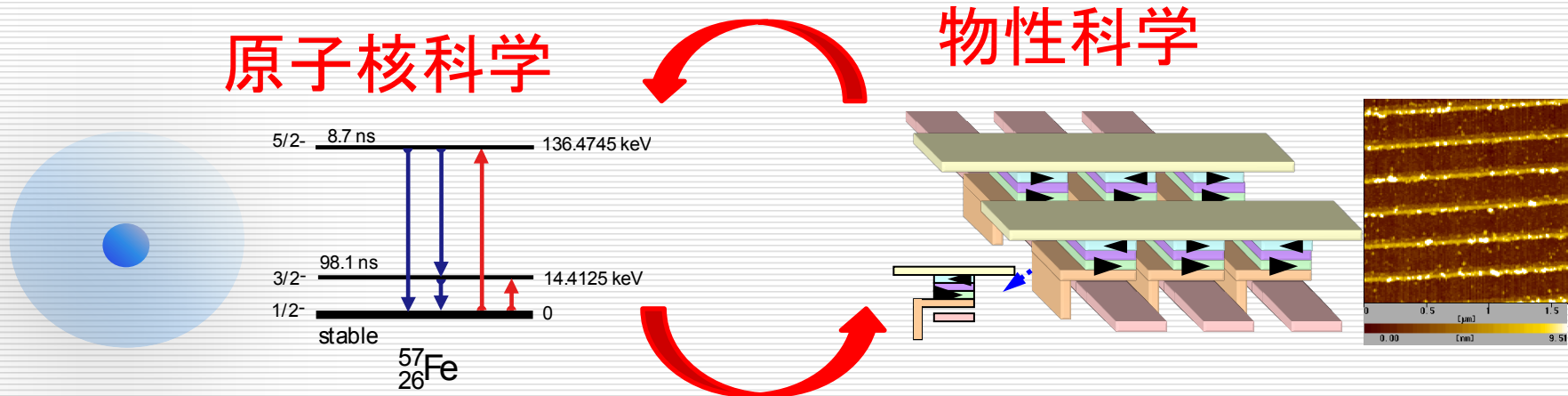
主な研究テーマ

- ◆ ガンマ崩壊時間スペクトル(ガンマ崩壊寿命制御)の研究
- ◆ メスバウアー分光法による、超伝導体・磁性体の電子状態
- ◆ 放射光核共鳴散乱法によるフォノンダイナミクス
- ◆ 時間・エネルギー分析メスバウアー分光の応用研究
- ◆ ガンマ線レイリー散乱法によるソフトマターのダイナミクス
- ◆ 量子情報科学への応用研究
- ◆ など



- ◆ 原子核や物性の分野を越えた広い領域にわたる研究
- ◆ 自由な発想で新しい研究分野の開拓

詳細はウェブページもご参考下さい



詳細は **核放射物理学研究室ウェブページ**

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NRP/>

核放射

検索

核ビーム物性学研究室(複合研)

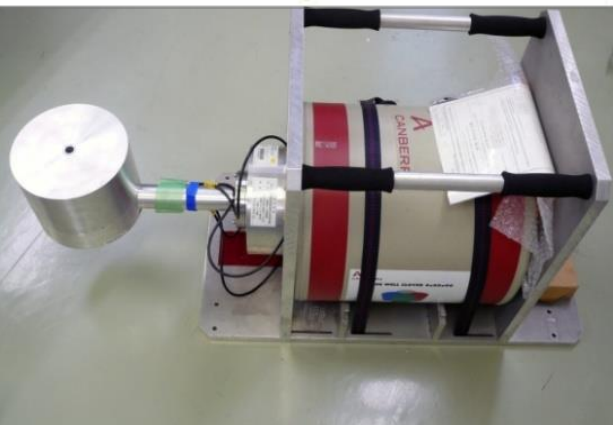
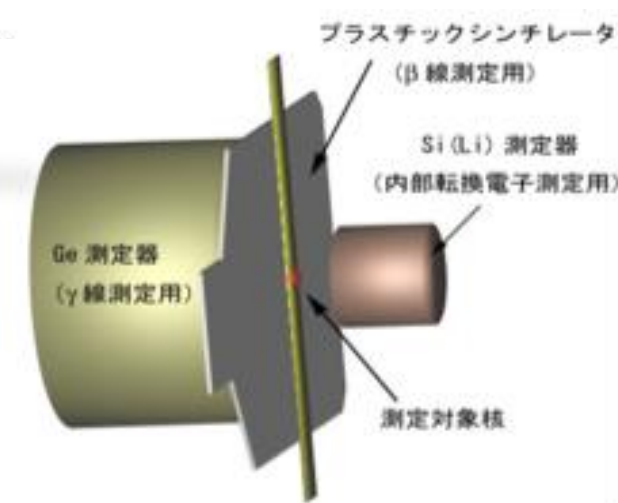
詳しくは、<https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NBMP/>

核ビーム

検索

准教授：谷口秋洋 助教：谷垣 実

不安定核ビームによる原子核・物性研究



対象核への
精密核分光実験

不安定核の
生成・分離

原子核

核磁気
モーメント

スピン
パリティ

核半径
質量

中性子過剰核
の核構造

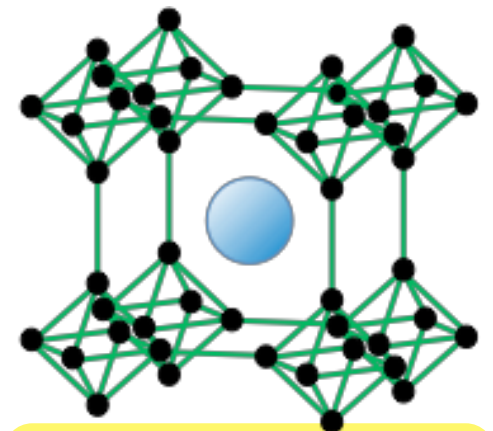
核ビーム

局所磁場

電場勾配

物性

- ・ ウルトラファインバブルの物性
- ・ 金属酸化物の局所構造の研究



不安定核を
プローブとして
物質に注入

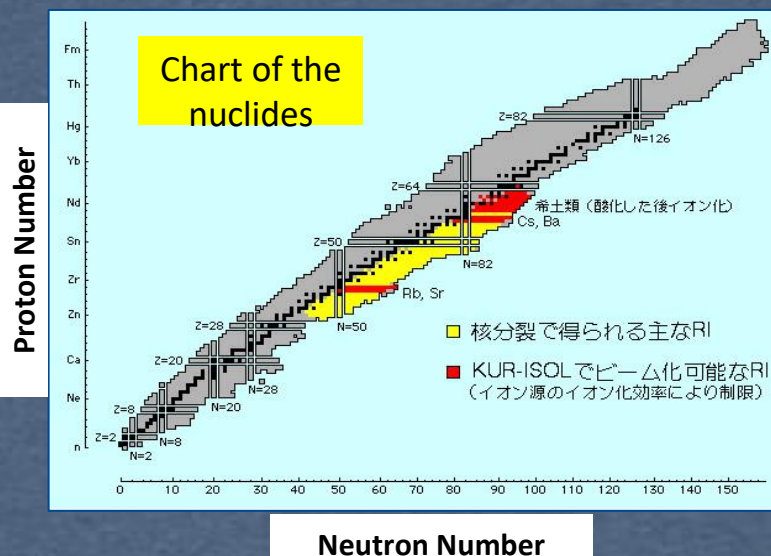
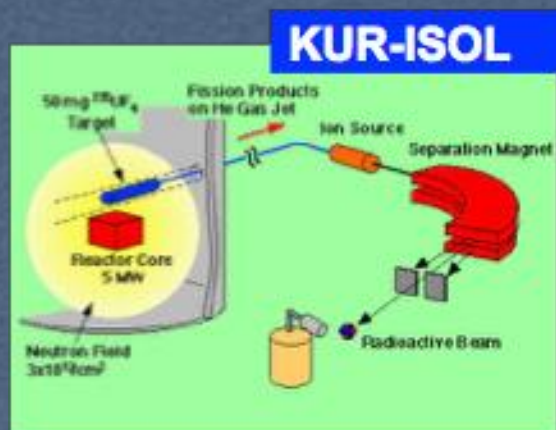
ISOL

装置
開発



最近の研究活動(他機関との(での)共同研究を含む)

複合原子力科学研究所



原子核物理

- ・ 中性子過剰核 $^{153,154}\text{Pr}$, ^{155}Nd の崩壊様式
- ・ ^{140}Ce 4⁺準位の磁気モーメント
- ・ $^{200,201}\text{Pt}$ の核電荷半径・磁気モーメント(@KEK WNSC)

物性物理 (放射性同位体の利用)

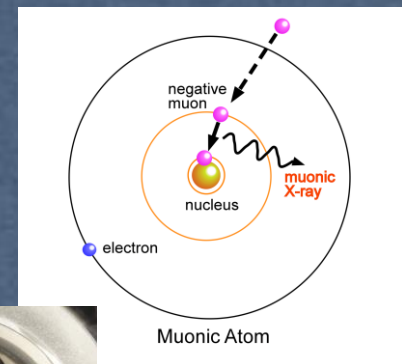
- ・ ウルトラファインバブルの特性研究
- ・ スピネル型酸化物(CdIn_2O_4)の局所構造
- ・ ペロブスカイト型酸化物(SrTiO_3)の局所構造

技術開発

- ・ β - γ 核分光や摂動角相関のための計測システムの開発
- ・ 加速器・計測器制御系の開発
- ・ ガスジェット型ISOLにおける新たなイオン化法の開発
- ・ R-過程の元素合成に係る $N \simeq 126$ 領域核種の生成法の開発(@KEK WNSC)

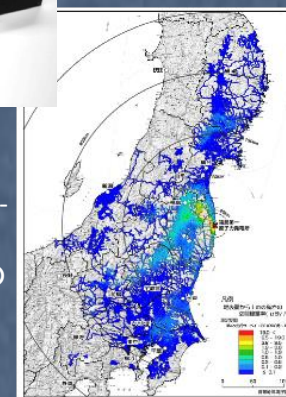
負ミュオンを用いた核物理と応用

- ・ 不安定核の核電荷分布測定に向けた基礎研究
- ・ 新たな非破壊元素分析法の研究
(宇宙地球試料／考古学試料／生物試料／産業試料の分析)



福島支援 (環境放射線計測)

走行サーベイシステムKURAMA/KURAMA-IIの開発



様々な形態のKURAMA-II (上)とKURAMA-II100 台で実施した文科省の東日本広域調査(右)



クラウドで結ばれた多数の車載器で線量率や γ 線のスペクトルデータをリアルタイムに計測

国の原子力災害時のモニタリング手法として標準化され、原発立地県で採用が進む。原発周辺農地の回復への応用や、モニタリングに適した検出器開発も進めている。