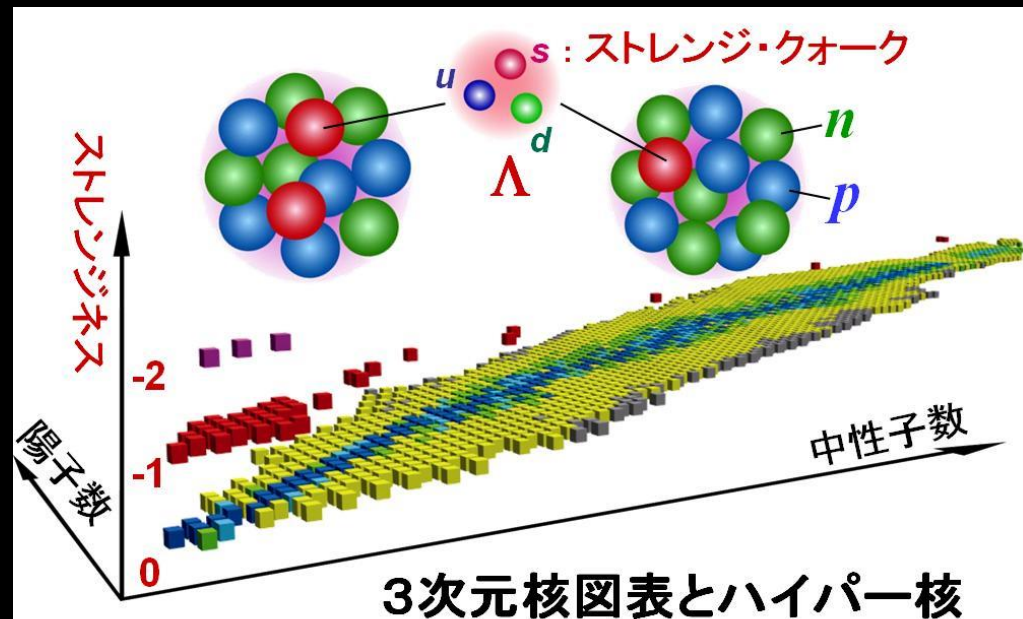


ストレンジネス核物理グループ

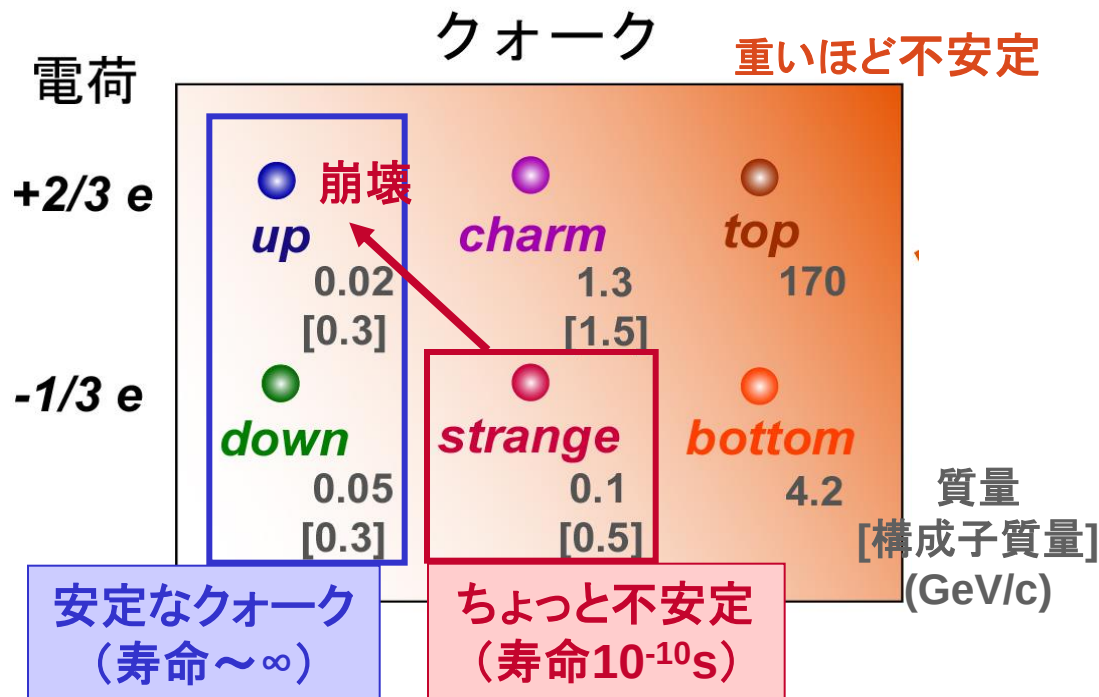
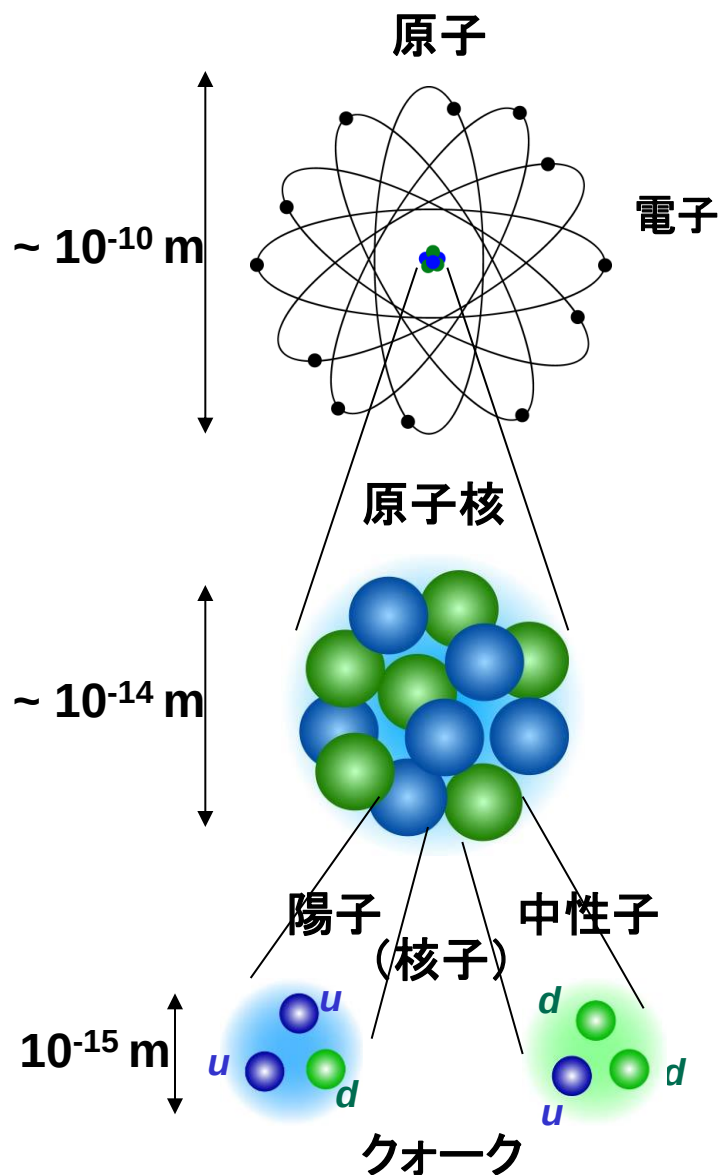
(原子核物理1)

教授 田村 裕和
 准教授 中村 哲, 小池 武志
 助教 藤井 優, 金田 雅司, 三輪 浩司, 鶴養 美冬, 塚田 暁
 大学院生 博士課程 4名 (全員が学振特別研究員またはその経験者)
 修士課程 9名

奇妙さ(ストレンジネス)量子数をもつ s quark を含む =
 ハドロン多体系の実験的研究



物質は何からできているか？



物質の“もと” = 原子核

原子の質量の99.95%

陽子の数 $\rightarrow$ 電子の数 $\rightarrow$ 化学的性質 “元素”

原子核 = 陽子 + 中性子

$\Rightarrow$ up クォークとdownクォーク

8つの核子の仲間

u, d, s クォークからなるバリオン
(重粒子=3つのクォークからなる粒子)

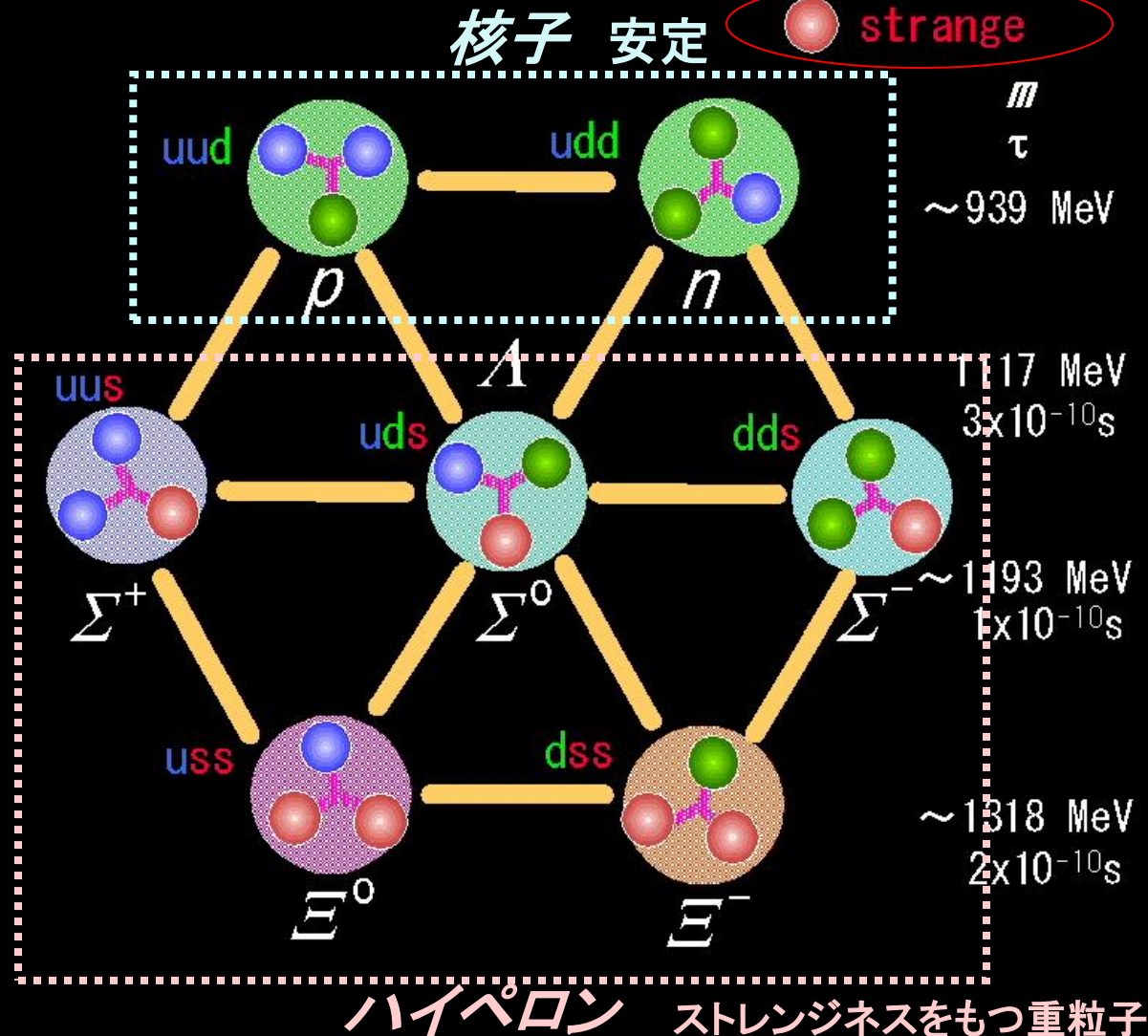
quark



すべて原子核の
構成要素となれる

- 通常の原子核
- u, d クォークからなる
(核子のみ)

- ハイパー原子核
- u, d, s クォークからなる
(ハイペロンを含む)

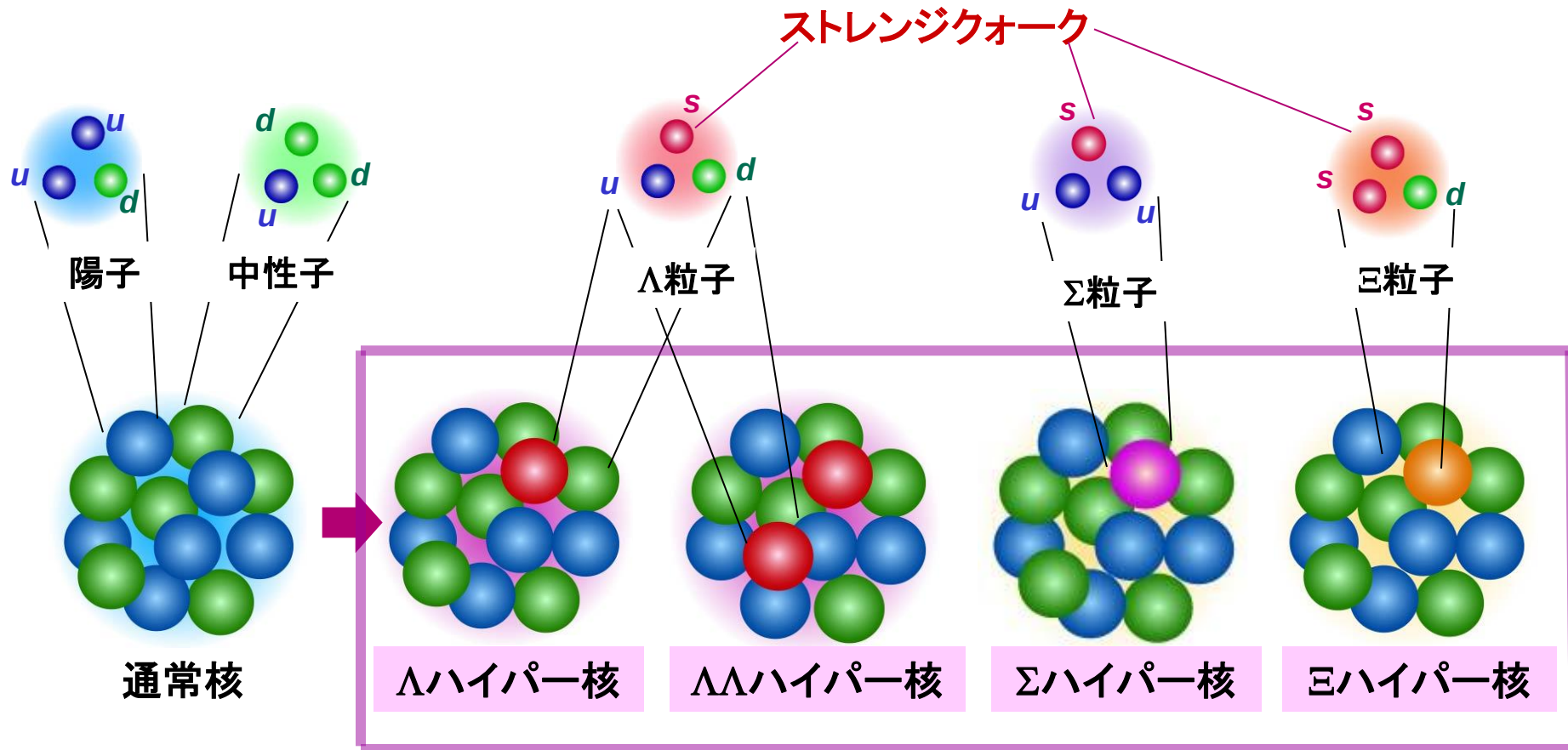


ハイパー核

ハイペロンを含む原子核

= ストレンジ・クォーク(ストレンジネス)を含む原子核

“原子核”の描像を
核子多体系→バリオン多体系(→クォーク多体系)に拡張する



これらはすべて実験で作れる。

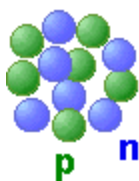
ストレンジ・クォークで果てしなく広がる物質の世界

Nu ~ Nd ~ Ns



p, n, Λ , Ξ^0 , Ξ^-

高密度化



中性子星の中心部に存在？

ストレンジ物質 (電氣的に中性: 質量数 $\rightarrow \infty$ の原子核)

ストレンジクォーク数

u, d, s quarkの世界

$\Lambda\Lambda$, Ξ ハイパー核

Λ , Σ ハイパー核

このうち多くは我々東北大グループが発見・構造解明

N
中性子数

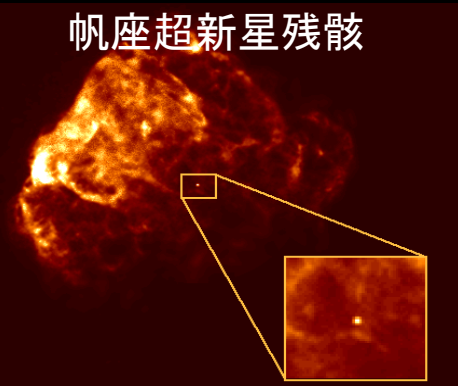
3次元核図表

中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核)と その中の未知の物質

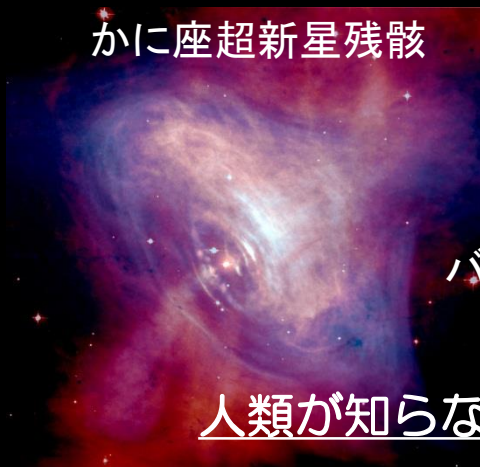
- 宇宙で最高の密度：中心は10～30億トン/cm³
- 質量：太陽質量の1～2倍、半径：10 km程度
- “X線パルサー”として多数観測されている
- 内部構造はまったく未知。ストレンジ・クォークが安定に存在か。



東京ドーム2000杯分の土を角砂糖1個の大きさに圧縮



帆座超新星残骸

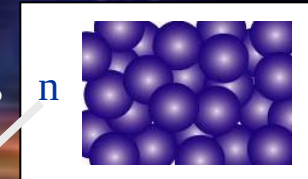


かに座超新星残骸

「ハイパー核」の研究によって
この物質の性質がわかる

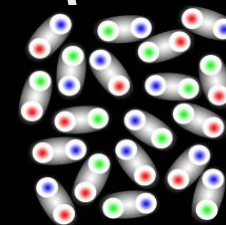


ストレンジ・ハドロン物質 ?
u, d, s 3種のクォークが入った
バリオン(陽子、中性子、ラムダなど)
が高密度に集まった物質



中性子物質

外側は、中性子だけで
できた物質のはず。



クォーク物質 ??
3種類のクォークが
閉じ込めから解放され
2つずつペアとなって
超伝導状態となった物質

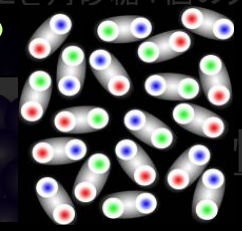
人類が知らなかった (太陽系に存在しない) まったく新しい姿の物質たち

中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核)と
2010年、太陽質量の2倍の重い中性子星が発見された。

■ 宇宙で最高の密度: 中心は10~30億トン/cm³
■ スレンジ・ハドロン物質のみでは説明できない。

■ “X物質”として多量に存在している!?
■ 中心に「クォーク物質」がある!?

→ スレンジ・ハドロン物質を解明すれば、
クォーク物質の有無もわかる!

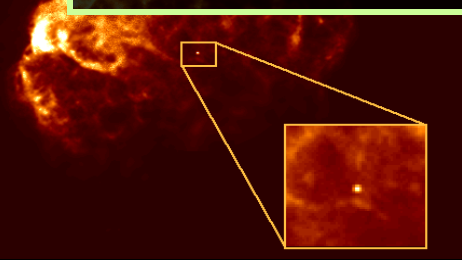


クォーク物質
(超伝導)

きさに圧縮

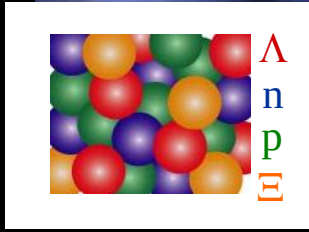
中性子物質

だけで
はす。

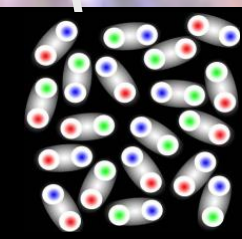


かに座超新星残骸

「ハイパー核」の
この物質の性質が



スレンジ・ハドロン物質 ?
u, d, s 3種のクォークが入った
バリオン(陽子、中性子、ラムダなど)
が高密度に集まった物質



クォーク物質 ??
3種類のクォークが
閉じ込めから解放され
2つつペアとなって
超伝導状態となった物質

人類が知らなかった (太陽系に存在しない) まったく新しい姿の物質たち

研究拠点と装置

高エネルギー (～1 GeV) の中間子、電子、光子ビームを用いてストレンジネスを作る

研究テーマ

加速器と施設

我々の開発・設置した装置

Λ ハイパー核のガンマ線分光

Σ ・陽子散乱実験

Ξ 原子、 $\Lambda\Lambda$ ハイパー核

- 50 GeV陽子シンクロトロン
J-PARC (大強度陽子加速器) (東海)

SKS (超伝導K中間子スペクトロメータ)

Hyperball-J (精密ガンマ線測定装置)

電子線による Λ ハイパー核の生成分光・崩壊分光

- 12 GeV超伝導電子直線加速器
ジェファークソン研究所 (米国バージニア州)
- 1.5 GeV電子加速器 (マイクロトロン)
マインツ大学 (ドイツ)

HKS, HES

(高分解能K中間子・電子スペクトロメータ)

ストレンジネス生成機構

- 1.2 GeV電子シンクロトロン
東北大・電子光理学研究センター (核理研)

検出器の開発
テスト実験

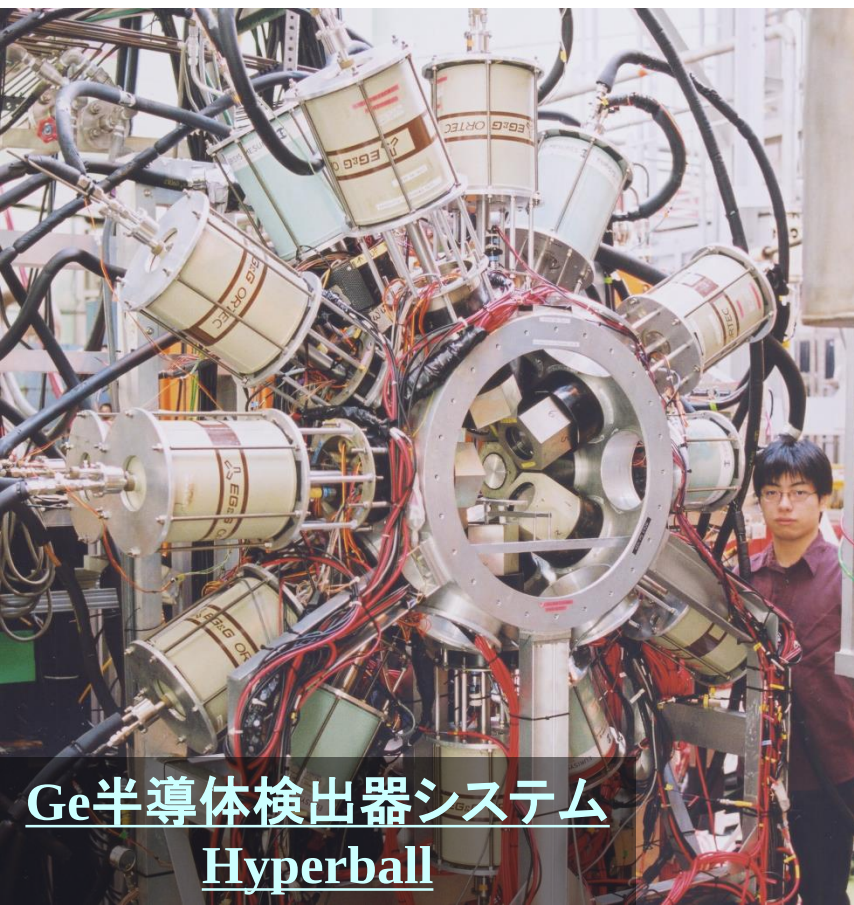
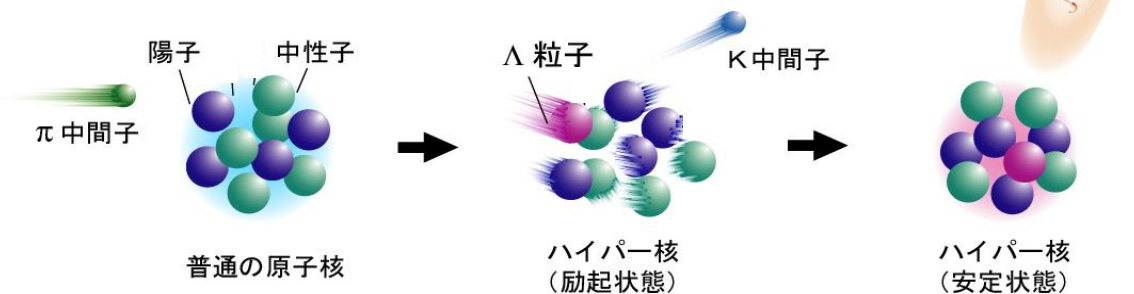
- 総合棟6階、2階実験室
- 東北大電子光センター
- 東北大サイクロトロン

NKS2

(中性K中間子スペクトロメータ)

東北大ストレンジネスグループは世界の最強グループのひとつ

ハイパー核の γ 線測定実験



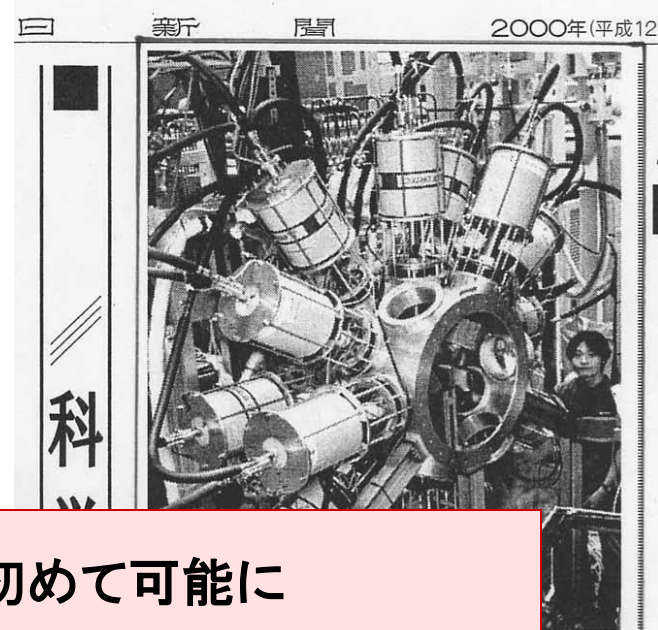
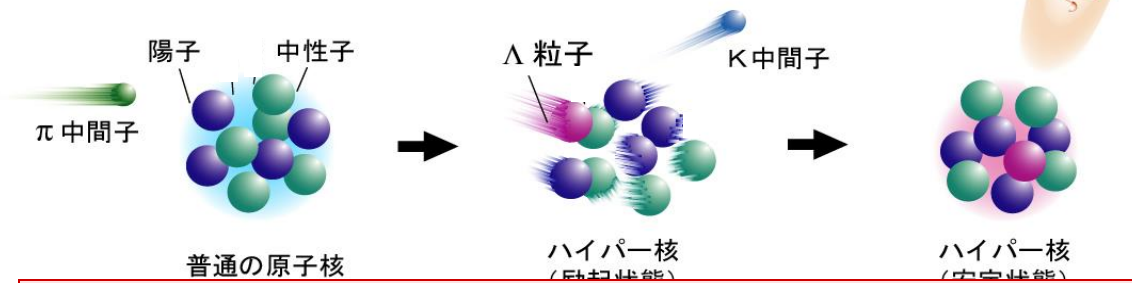
Ge半導体検出器システム
Hyperball



実験メンバー
(ほとんど東北大院生+学部4年生)



ハイパー核の γ 線測定実験



科
学

- ハイパー核の発する γ 線の精密測定が世界で初めて可能に
いまだに世界で我々しか測定できない
- ハイパー核の中の Λ 粒子の振る舞いが手に取るように分かる
→ Λ と核子の間の力を解明
→ 核力の謎と中性子星の謎の解明へ
- Λ 粒子による核の変化(不純物効果)もわかる

J-PARCで新実験を進めている

Ge半導体検出器システム
Hyperball



中性子星の世界探る一歩
を見た

エネルギーを測って、ラム
ダ粒子と陽子、中性子の間
に働く力を精度よく調べ
た。
研究チームの永江知文・
同機構素粒子原子核研究所
助教は「こうした研究が

大強度陽子加速器施設:J-PARC

(Japan Proton Accelerator Research Complex) 茨城県東海

物質・生命科学実験施設

50 GeV
シンクロトロン

完璧な安全対策を実施中

400 MeV
線形加速器 (350m)

ニュートリノ実験

原子核素粒子実験施設
(ハドロン・ホール)

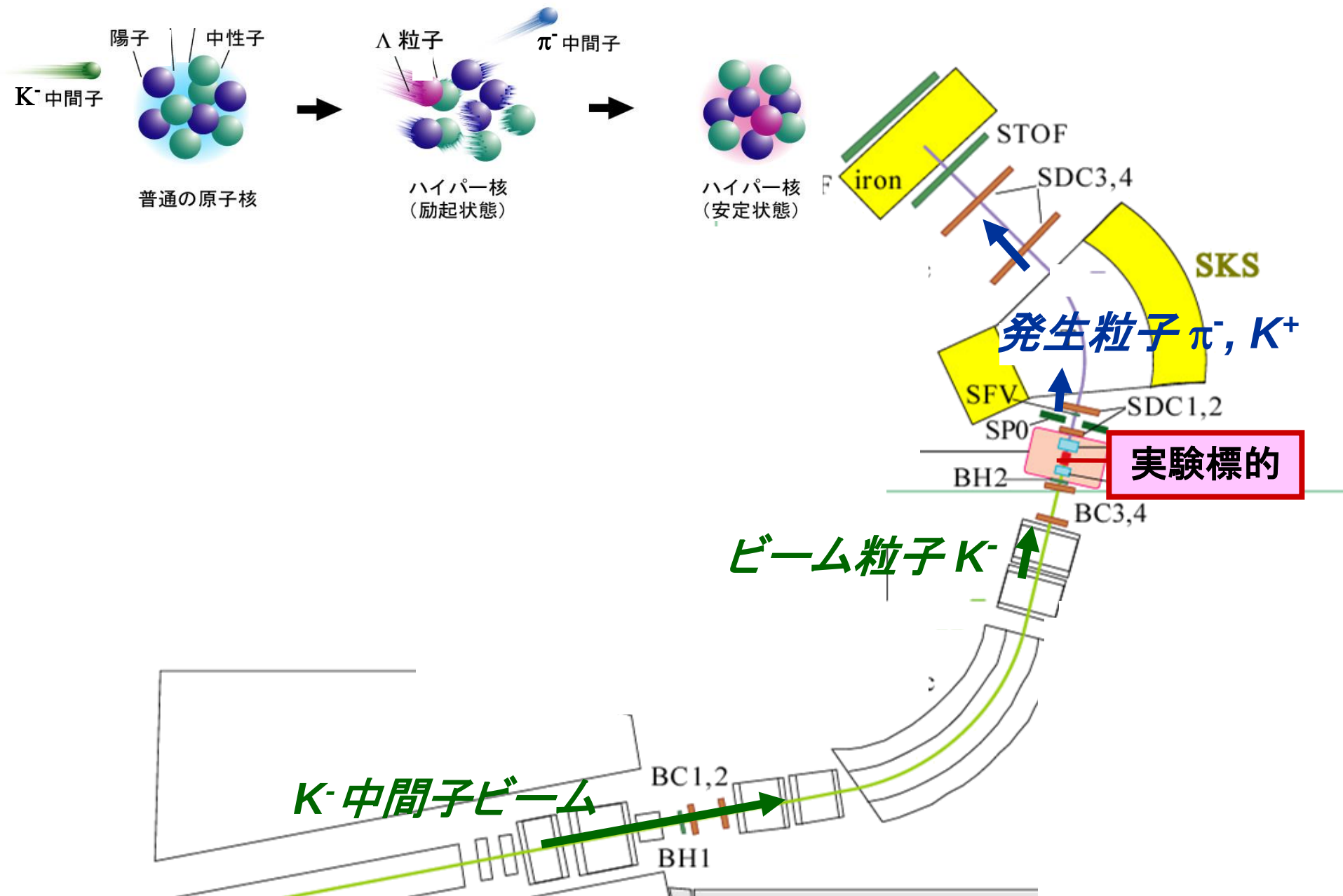
60m x 56m

世界最大のビーム強度(陽子数)
従来の加速器の 10~100倍

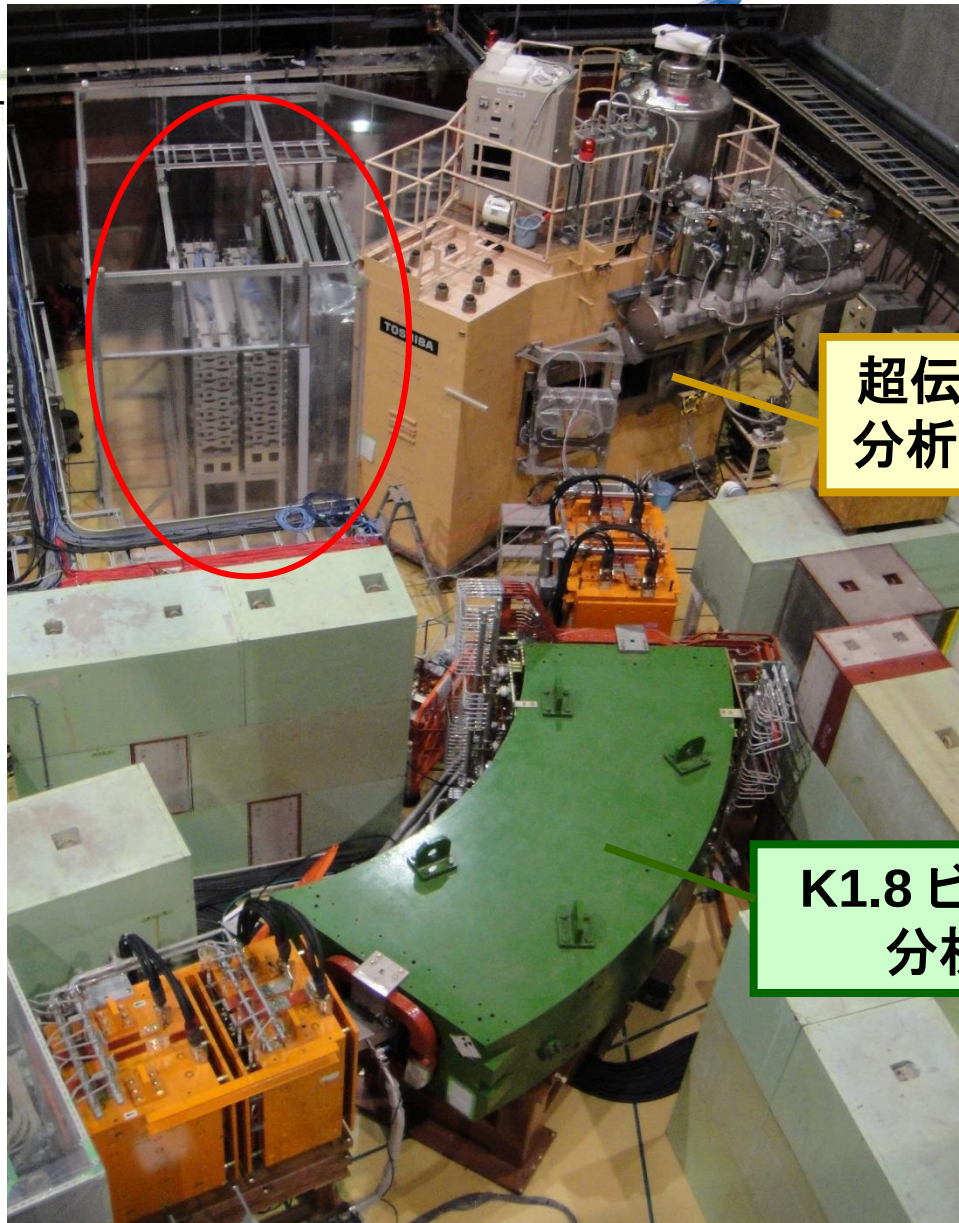
2010年に稼動し始めたばかり

ハイパー核研究の世界の中心

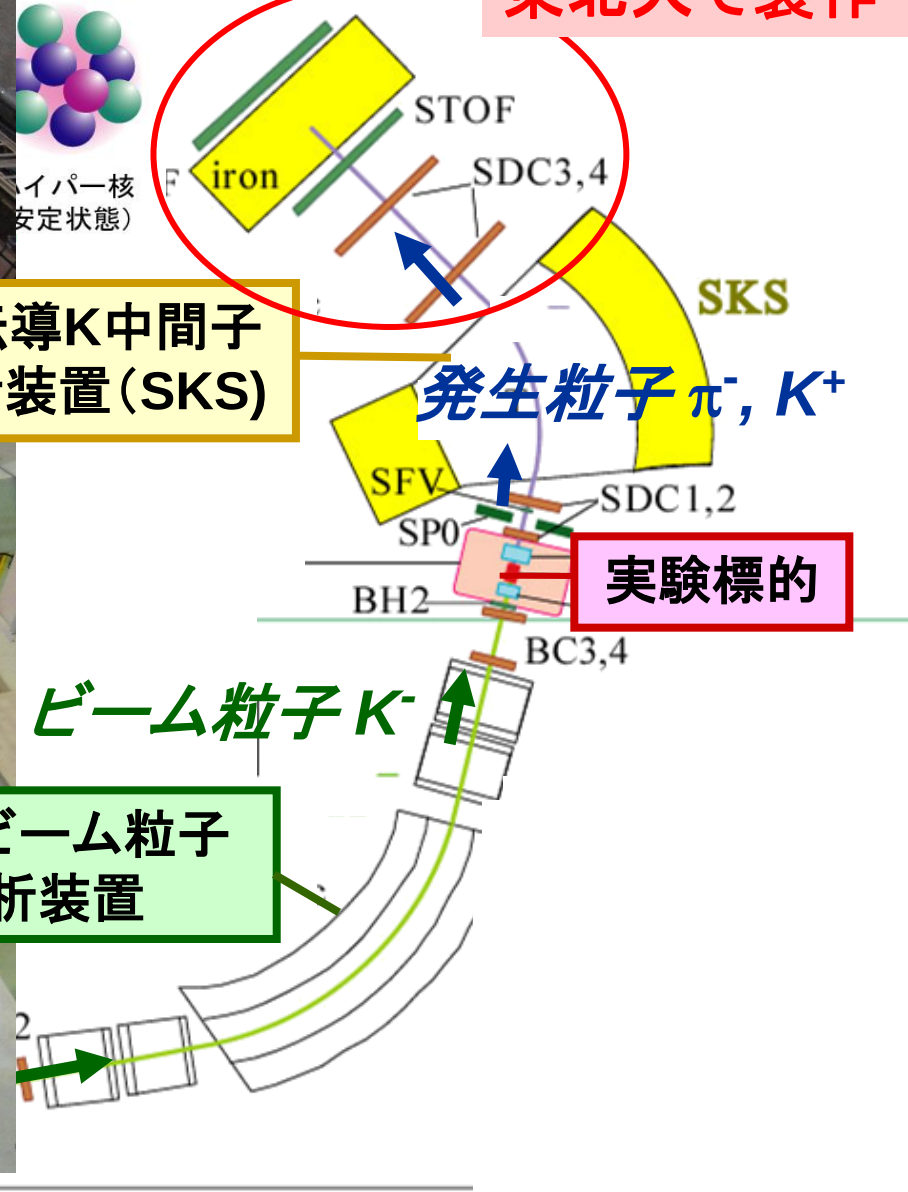
新しいハイパー核ガンマ線測定装置



新しいハイパー核ガンマ線測定装置

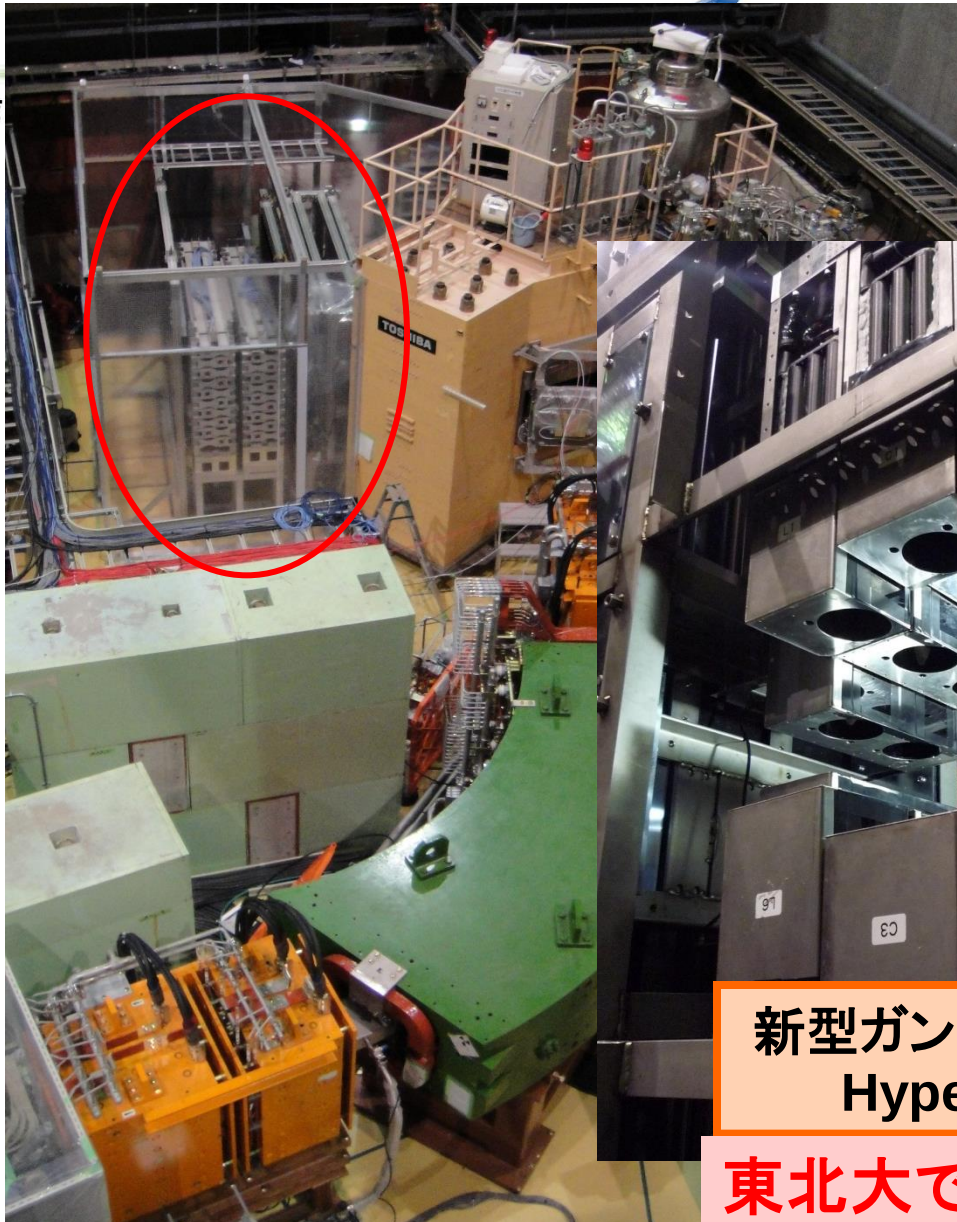


東北大で製作

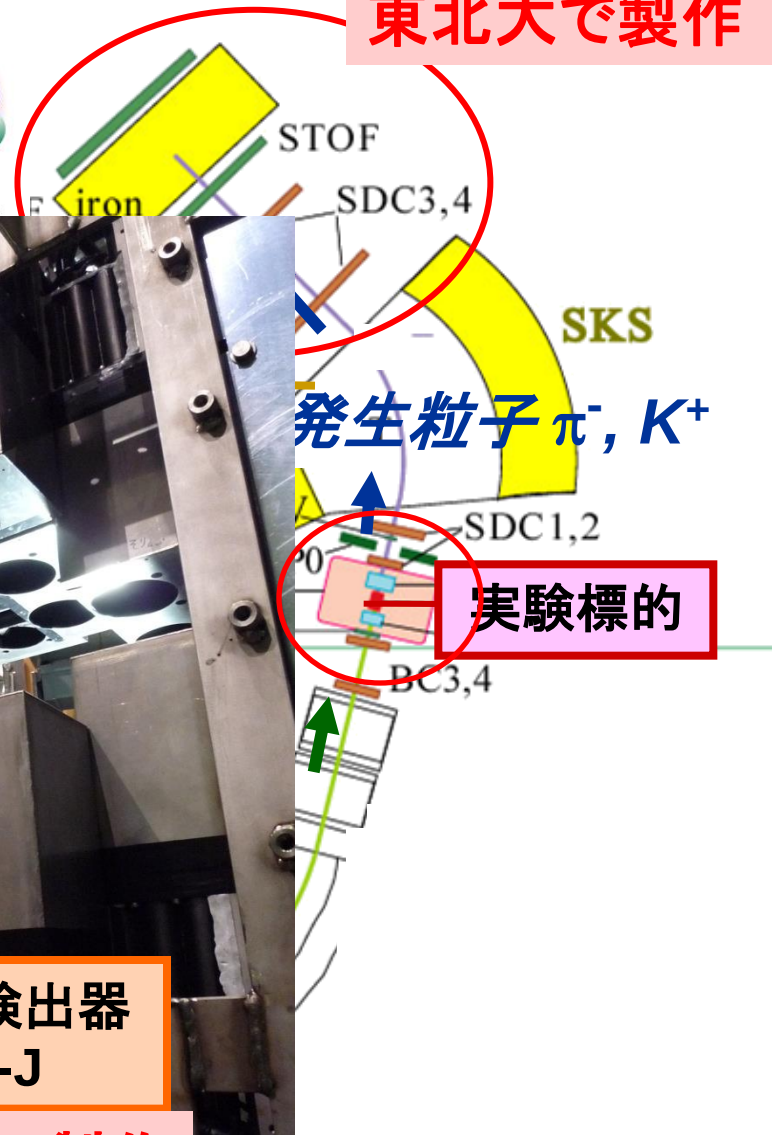


新しいハイパー核ガンマ線測定装置

東北大で製作



ハイパー核



新型ガンマ線検出器
Hyperball-J

東北大で開発・製作

電子ビームによるハイパー核生成法の開拓

Jefferson研究所(米国バージニア州)、Mainz大学(ドイツ)

HES

HKS

e^- K^+
 e^- beam

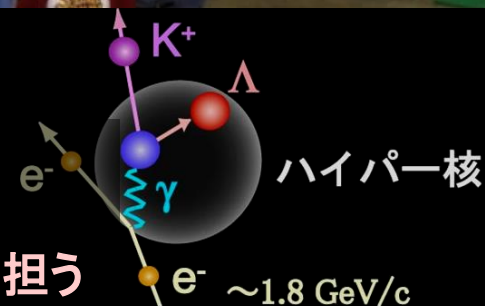
東北大が建設した世界最高分解能の磁気スペクトロメータ

Jefferson研究所での実験メンバー

スタッフ2~3名、学生4~5名が1~2年常駐

同様の実験をマインツ大学(ドイツ)でも開始、
ハイパー核崩壊分光を開拓中。

大学院生は、数か月x1~2回/年 ドイツに滞在して研究の最先端を担う

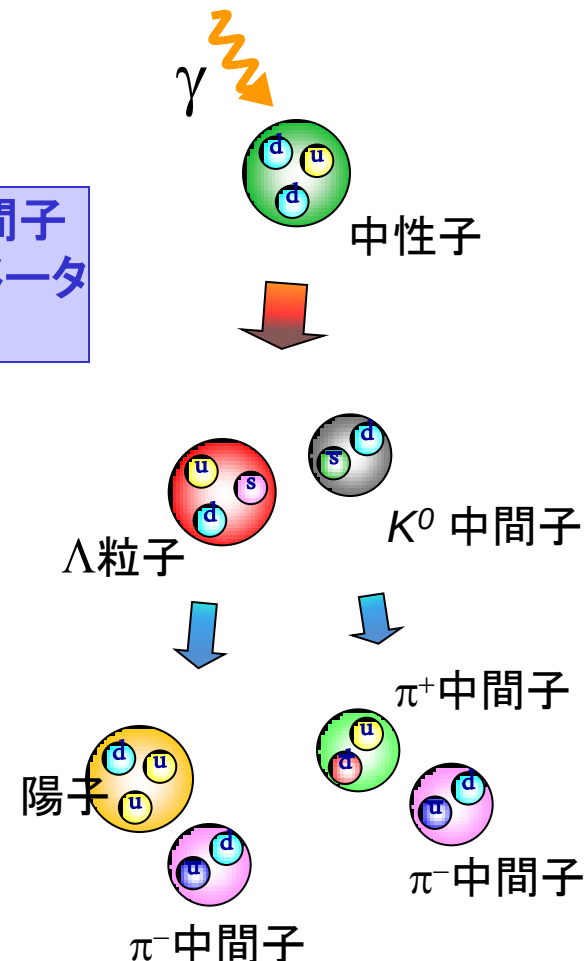
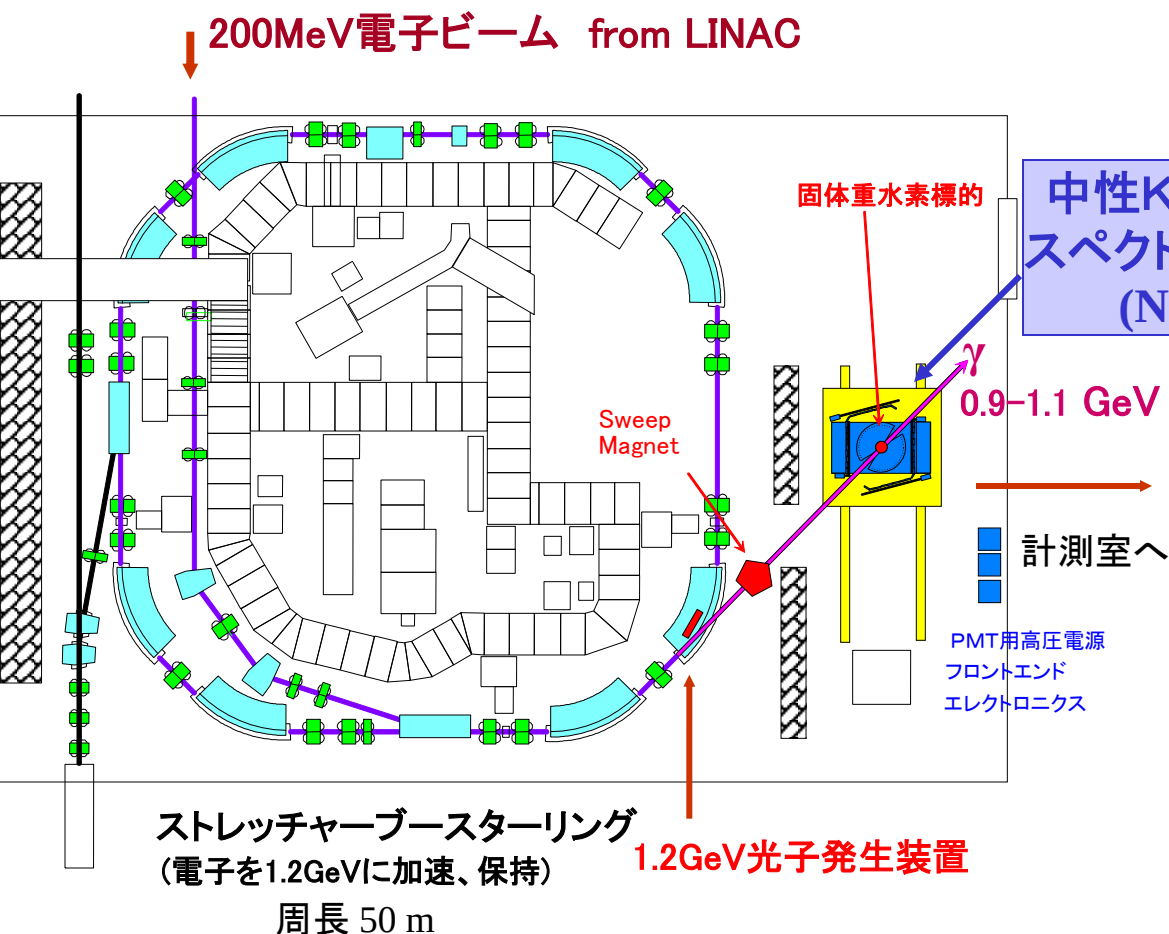


東北大学電子光物理学研究センターでの ストレンジネス生成機構の研究

中間エネルギー核物理
グループと共同実験

低エネルギー光子からの中性K中間子生成
 $\gamma + n \rightarrow \Lambda + K_S^0$ に初めて成功

ストレンジクォーク生成の
謎の解明への一歩

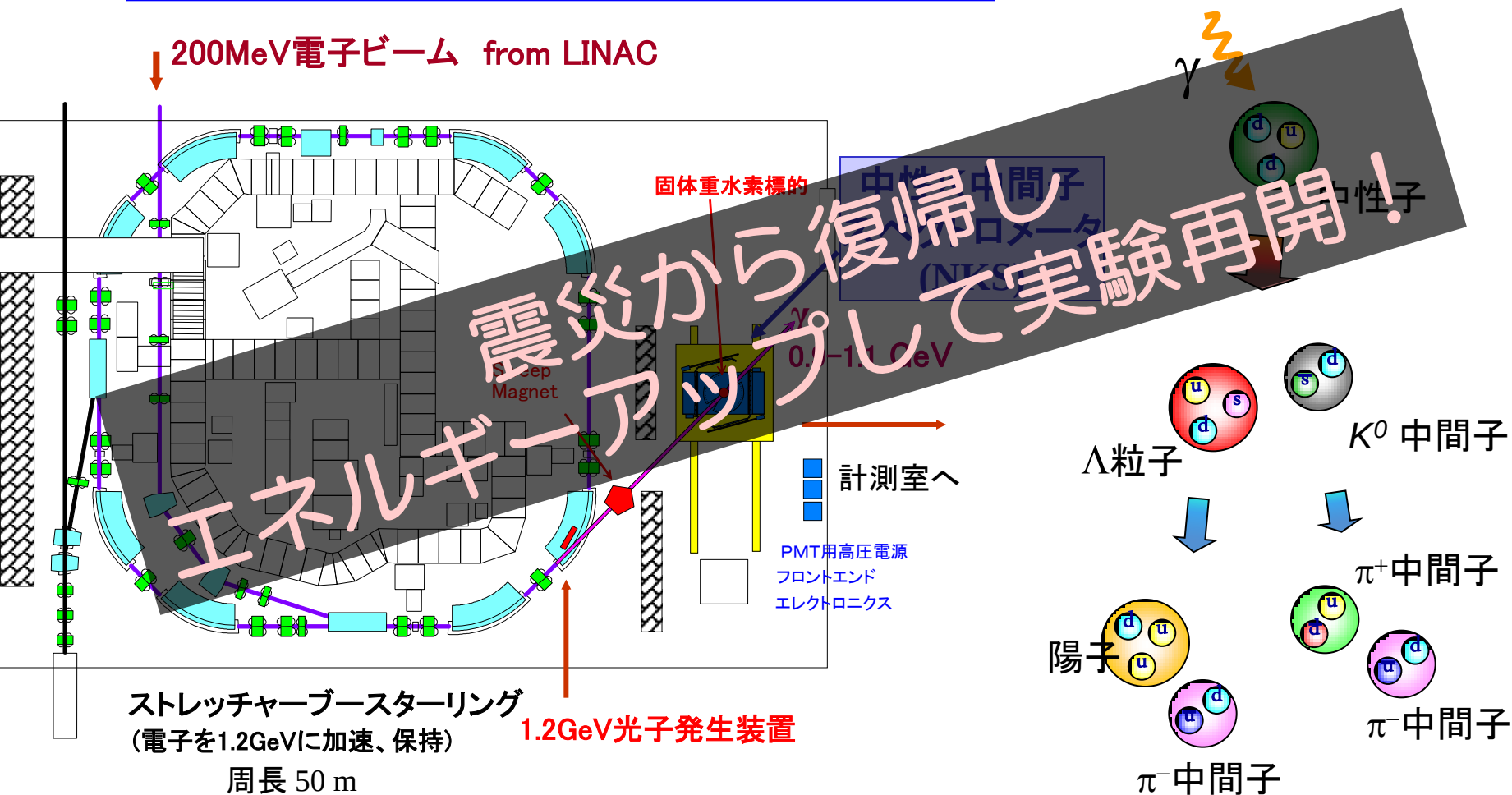


東北大学電子光物理学研究センターでの ストレンジネス生成機構の研究

中間エネルギー核物理
グループと共同実験

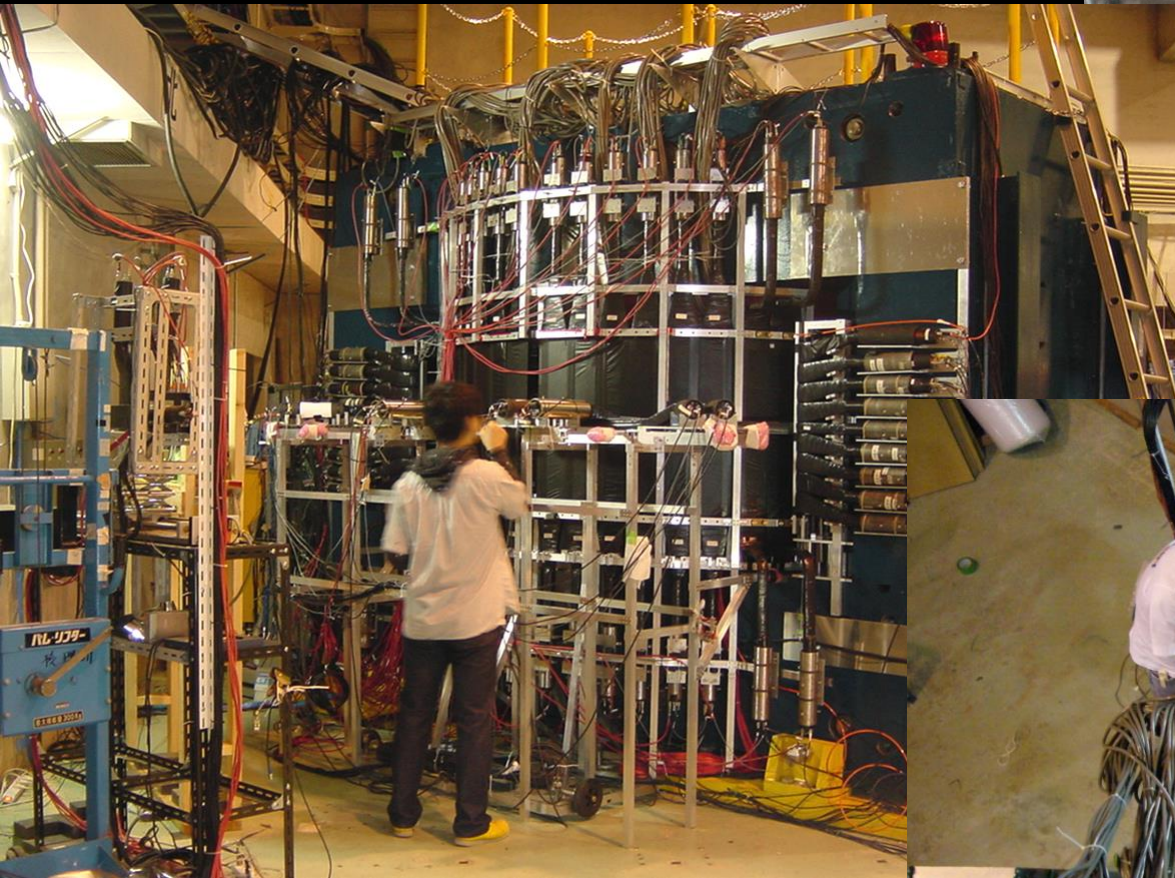
低エネルギー光子からの中性K中間子生成
 $\gamma + n \rightarrow \Lambda + K_S^0$ に初めて成功

ストレンジクォーク生成の
謎の解明への一歩



ストレンジネス生成実験の様子

K⁰測定装置 NKS2



大型ドリフトチェンバー



検出器の調整中

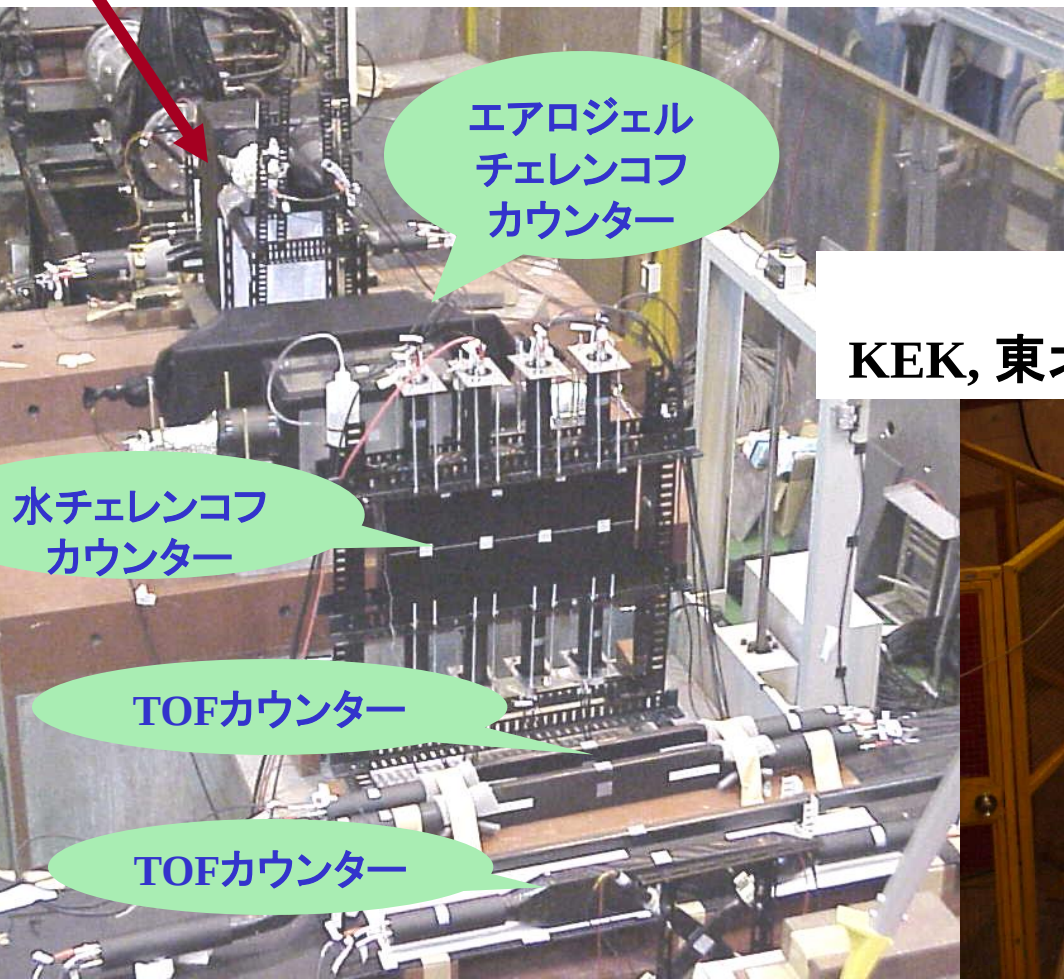


院生が中心となって実験を進める
4年生も参加できる

新しい検出器の 開発・製作・テスト実験

修士課程院生、4年生が中心

陽子、 π 、K中間子のビーム



検出器の製作風景



検出器のビームテスト実験 KEK, 東北大電子光センター、東北大サイクロ



新しい検出器の 開発・製作・テスト実験

修士課程院生、4年生が中心

陽子、 π 、K中間子のビーム

検出器の製作風景



エアロジェル
チェレンコフ
カウンター

水チェレンコフ
カウンター

TOFカウンター

TOFカウンター

4年生の開発した検出器も
本実験に採用されることもある
新発見につながることもある

検出器のビームテスト実験
KEK 東北大電子光センター、東北大サイクロ



4年生に対する教育

4年ゼミ 原子核物理(素粒子の基礎を含む)の英文教科書を輪講
歴史的原著論文の輪講

原子核物理(ストレンジネス, エキゾチック)共通

ストレンジネスゼミ(院生対象)にも参加

実験学ゼミ 原子核物理実験の実践的基礎(教科書輪講と実習)

放射線検出器の作り方・使い方、計算機の使い方
データ収集(インターフェース)や解析の方法(プログラミング)

4年研究

新しい検出器の開発、特性の研究、それを用いたビーム実験
最先端のストレンジネス核物理実験にも参加、データ解析も

高位置分解能ガス検出器
シリコンストリップ検出器
 γ 線半導体検出器
 γ 線シンチレーション検出器
チェレンコフ検出器

東北大電子光やサイクロの
加速器を用いてビーム実験

→ 最先端のストレンジネス
実験で使用

研究室出身者(博士号取得者)の進路(現在)

KEK准教授

KEK助教 x 2名、東北大助教 x 2名、群馬大助教、大阪大助教、
JASRI研究員(パーマネント)、理研研究員 (パーマネント)、
理研博士研究員、原子力機構博士研究員、
アメリカ物理学会、がんセンター、民間企業 x 3名

博士課程後期学生(日本人)の 学術振興会特別研究員採用率

18人中12人

大学院生・出身者の受賞

日本物理学会若手奨励賞、泉菖会奨励賞、原子核談話会新人賞、
アジア太平洋少数系物理会議若手賞、RHIC-AGS博士論文賞、
HUA修士論文賞x2名、物理学専攻賞(多数)

いつでも研究室を見に来てください。
詳しく説明します。

合同B棟643(田村)、645(中村)まで

Tel: 6454, 6453

email: tamura@lambda.phys.tohoku.ac.jp

今日のスライドは

Home page:

<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/>

に置いておきます。