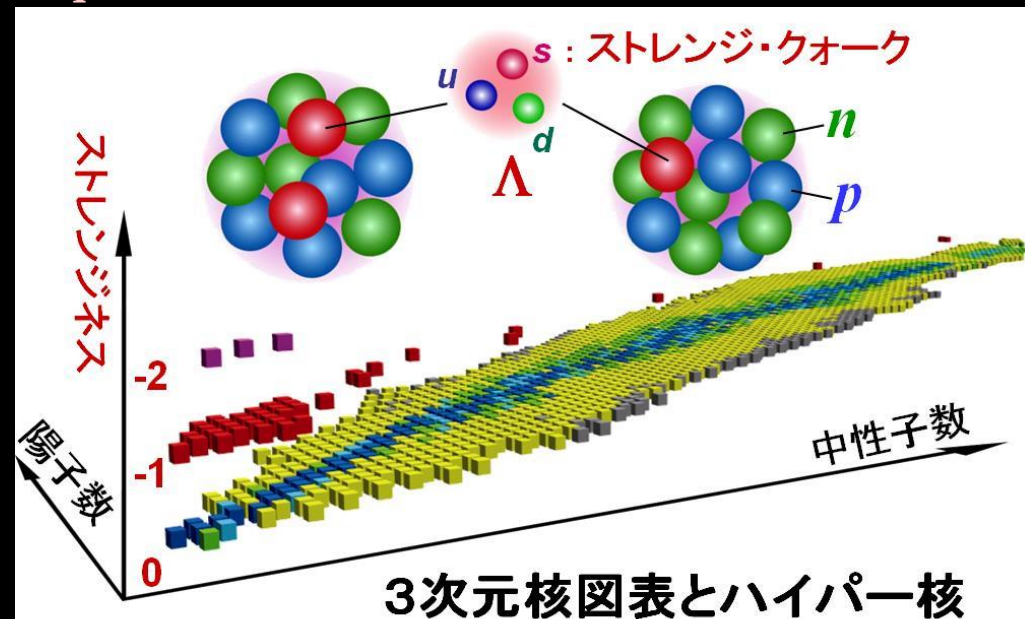


ストレンジネス核物理グループ

(原子核物理研究室)

教授	田村 裕和, 中村 哲		
准教授	小池 武志, 三輪 浩司		
助教	金田 雅司, 永尾 翔, 本多良太郎,		
特任助教	藤田真奈美		
大学院生	博士課程 5名	学振特別研究員x1、	宇宙創成国際大学院生x3
	修士課程 7名	宇宙創成国際大学院生x1	

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



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
研究室のHome Page:

<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/>
に置いておきます。

■ 博士号取得者の進路(現在)

KEK准教授、東北薬科大准教授、KEK講師、
東北大助教 x 4名、KEK助教 x 2名、大阪大助教、京都大助教、群馬大助教、
JASRI(SPring-8)研究員(パーマネント)、理研研究員(パーマネント)、
日本原子力機構研究員(パーマネント)、東北大特任助教、
文科省卓越研究員(JAEA)(テニュアトラック)、博士研究員(ミシガン大、KEK)、
民間企業 x 4名

博士取得者の大部分が研究者として独り立ち

■ 修士号取得者の就職先 (過去4年)

日立、東芝、NEC、富士通、ルネサス、ソニーLSI、日立東日本ソリューションズ、
東芝電子管デバイス、三菱日立パワーシステムズ、ニューフレアテクノロジー、
島津、タムロン、ユーエスイー、VASILY、東光電気工事、セコム、内田洋行、
高校教諭、中学教諭

■ 博士後期学生(日本人)学術振興会特別研究員 20人中15人

宇宙創成国際大学院生も含めると、ほぼ全員経済的サポートを受けた

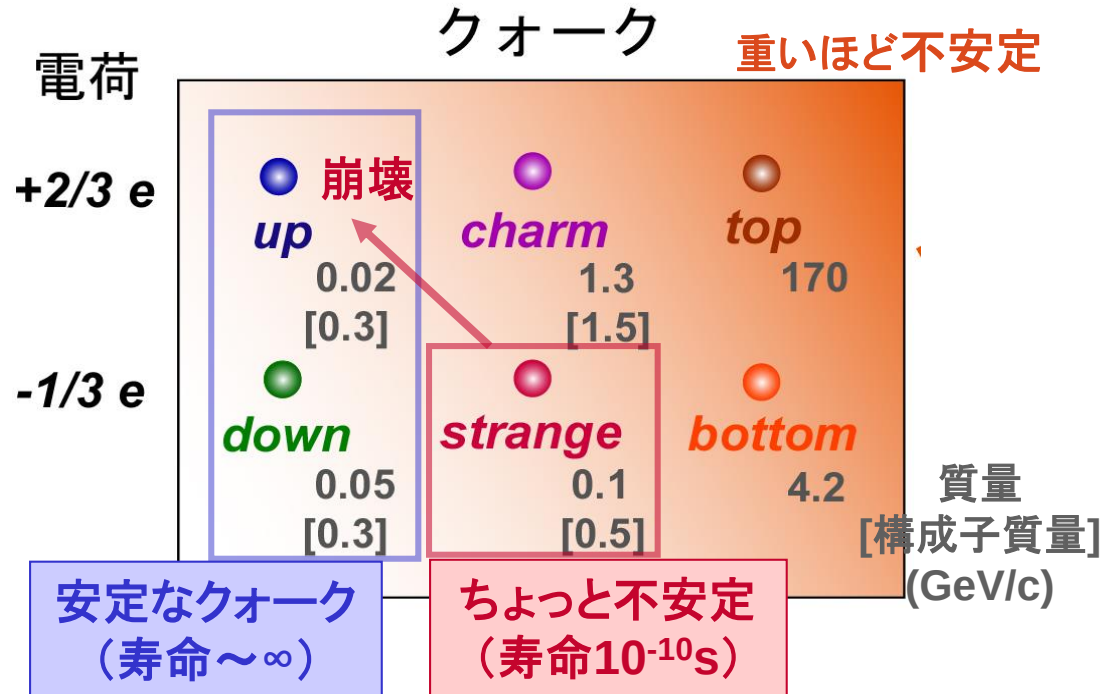
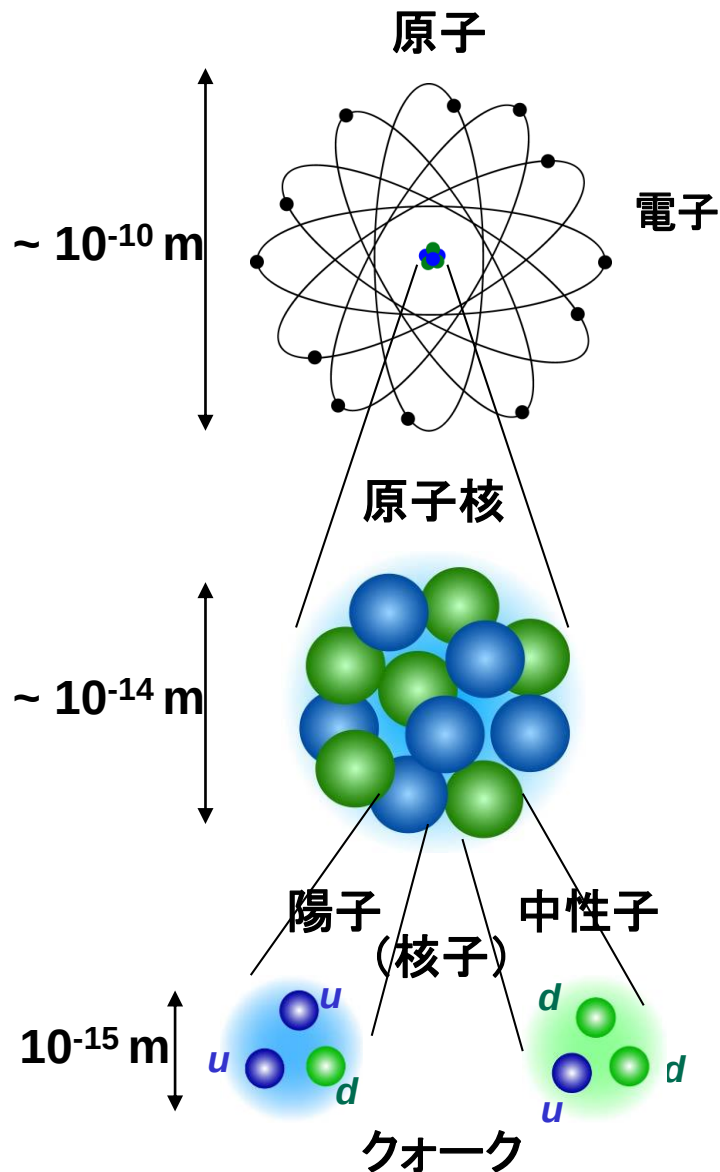
■ 大学院生・出身者の受賞

実験核物理で最も名誉な新人賞

↑(全国で毎年2名)を 連続で3名受賞

日本物理学会若手奨励賞x4名、原子核談話会新人賞x5名、泉菰会奨励賞x3名、
アジア太平洋少数系物理会議若手賞、RHIC-AGS博士論文賞、
測定器開発優秀修士論文賞x3名、HUA修士論文賞x4名、
東北大学総長賞、東北大学物理学専攻賞(多数)

物質は何からできているか？



物質の“もと”

原子核 = 陽子 + 中性子

=> up クォークとdownクォーク
として捉えなおそう

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)

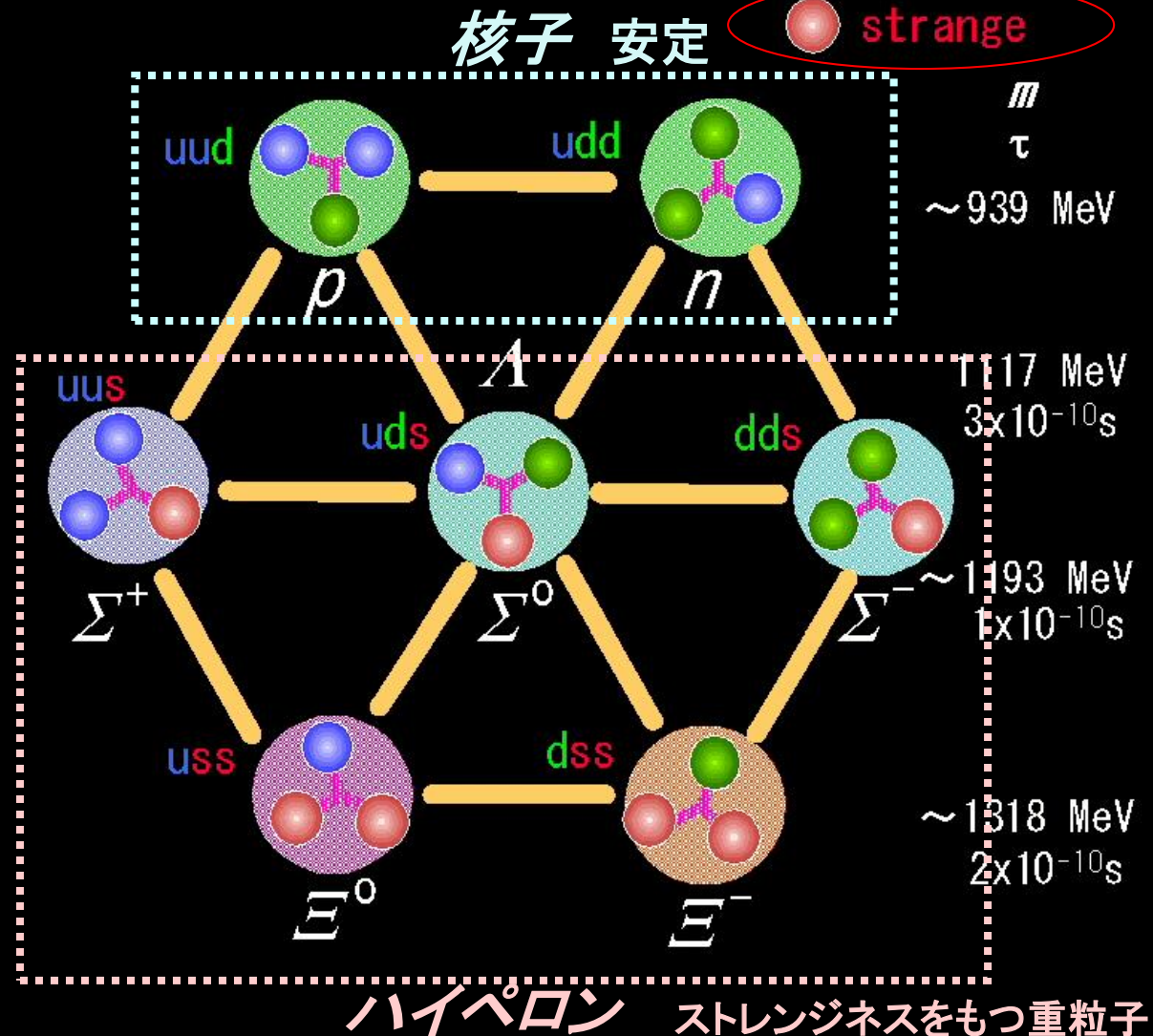
quark



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)

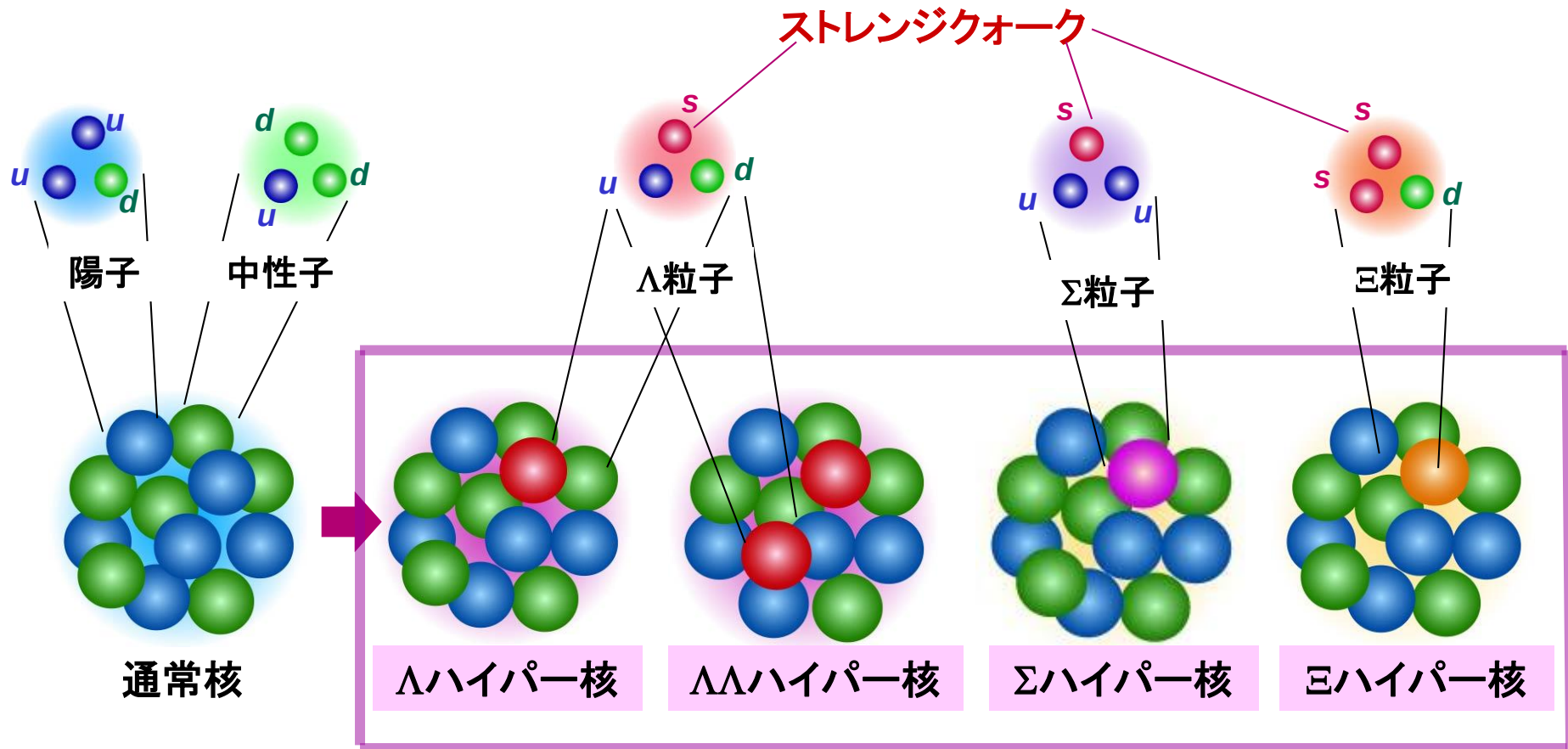


ハイパー核

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
陽子・中性子多体系→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。

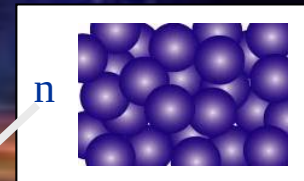
中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核)

内部の未知物質

- 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。



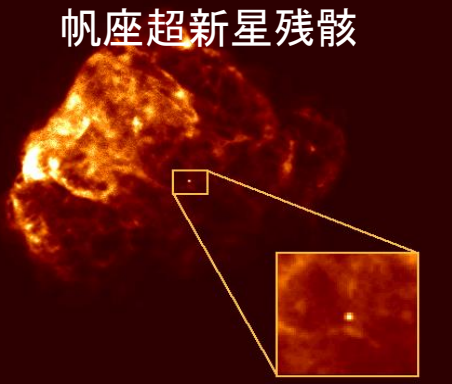
東京ドーム2000杯分の土を角砂糖1個の大きさに圧縮



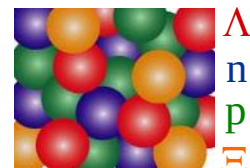
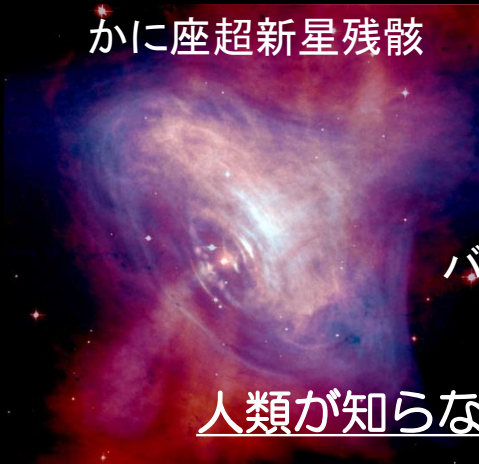
中性子物質

外側は、中性子だけでできた物質のはず。

帆座超新星残骸

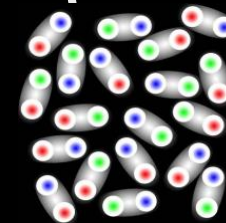


かに座超新星残骸



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



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

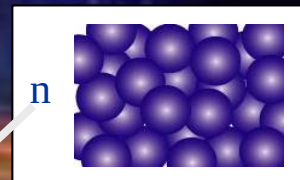
人類が知らなかった (太陽系に存在しない) まったく新しい姿の物質たち

中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核) 内部の未知物質

- 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

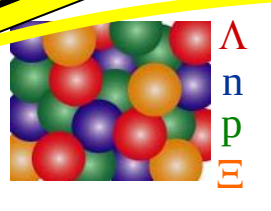


中性子物質

外側は、中性子だけでできた物質のはず。

帆座超新星残骸

「ハイパー核＝ミニ中性子星」の研究から
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
バリオン(陽子、中性子など)
が高密度な物質

宇宙にクォークが安定に存在するのか？

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

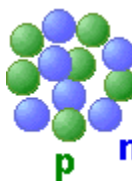
ストレンジ・クォークで果てしなく広がる物質の世界

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

研究拠点と研究テーマ

検出器の開発・テスト実験
@東北大電子光・サイクロ

高エネルギー (～1 GeV) の中間子、電子・光子ビームで s quark を作る
我々が開発・製作した独自の測定装置を設置

中間子ビーム (田村・小池・三輪・本多)

J-PARC (30 GeV 大強度陽子加速器) (東海)



世界最大強度の陽子加速器

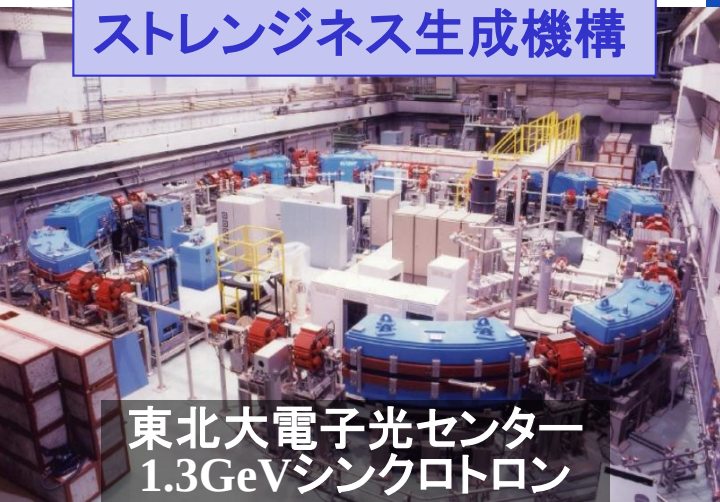
Λ ハイパー核精密 γ 線分光
 Σ ・陽子散乱実験
 Ξ 原子、 $\Lambda\Lambda$ ハイパー核

ハドロン実験施設
ハイパー核研究の世界の中心

Λ ハイパー核精密生成分光

電子ビーム (中村・金田・永尾)

ストレンジネス生成機構

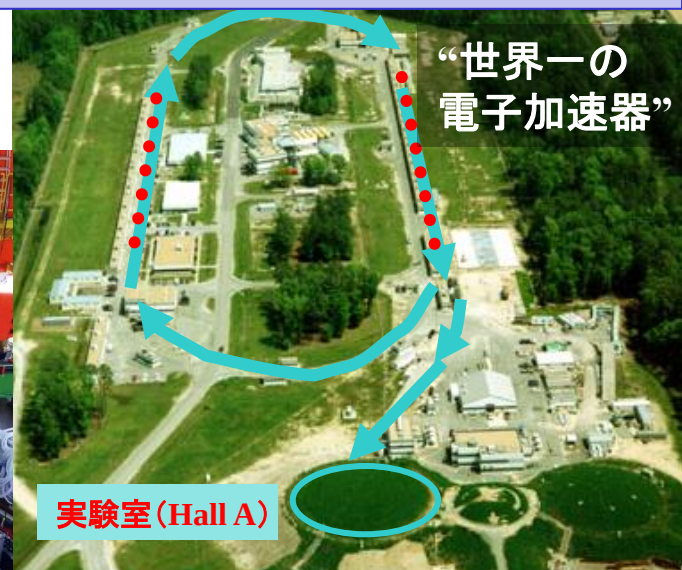


東北大電子光センター
1.3 GeV シンクロトロン

Λ ハイパー核
精密 π 崩壊分光



マインツ大学 (独)
1.5 GeV マイクロトロン



“世界一の
電子加速器”

実験室 (Hall A)

Jefferson 研 (米バージニア州)
12 GeV 超伝導連続電子加速器

研究拠点と研究テーマ

検出器の開発・テスト実験
@東北大電子光・サイクロ

高エネルギー (～1 GeV) の中間子、電子・光子ビームで s quark を作る
我々が開発・製作した独自の測定装置を設置

中間子ビーム (田村・小池・三輪・本多)

J-PARC (30 GeV 大強度陽子加速器) (東海)

Λ ハイパー核精密 γ 線分光
 Σ ・陽子散乱実験
 Ξ 原子、 $\Lambda\Lambda$ ハイパー核

世界最大強度の陽子加速器

電子ビーム (中村・金田・永田)

ストレンジナ

崩壊分光

いずれも我々が開発した世界初の手法
東北大グループは、ストレンジネス核物理の世界で最強の拠点

ハドロン実験室
ハイパー核

“世界一の
電子加速器”

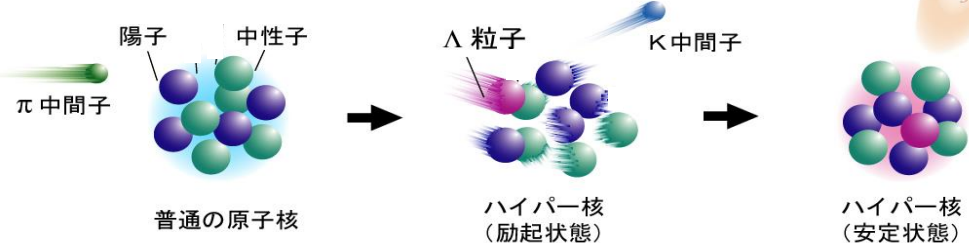
実験室 (Hall A)

東北大電子光センター
1.3 GeV シンクロトロン

マインツ大学 (独)
1.5 GeV マイクロトロン

Jefferson 研 (米バージニア州)
12 GeV 超伝導連続電子加速器

ハイパー核の γ 線測定実験 @J-PARC

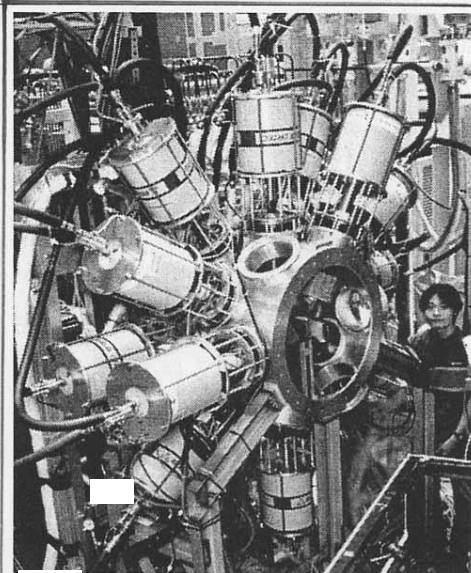


ハイパー核の発する γ 線を測れる世界唯一の装置

新型ガンマ線検出器
東北大で開発・製作

2000年(平成12)

科学



中性子星の世界探る一歩
ハイパー原子核を見た

ラムダ粒子という素粒子を入れた人工の原子核「ハイパー原子核」が放つガンマ線を捉えることに、田村裕和・東北大学大学院理学研究科助教授らでつくるハイパー原子核から出たガンマ線を測定する装置。ハイパーと呼ばれるエネルギー・加速器研究提供

国際共同研究チームが成功した。私たちの身の回りは、陽子と中性子でできた原子核や、電子を中心につくられているが、星の終末の姿である中性子星にはラムダ粒子があるかもしれないと変わって物質世界を探る一歩

自然界にはほとんど見られないが、中性子星には、多くの中性子、わずかな陽子、電子とともに存在するとも予想されている。今回、チームは高エネルギー・加速器研究機構(茨城県つくば市)の加速器で、陽子と中性子が三つずつとラムダ粒子が一個入った人工の原子核を作製することに成功した。この研究は、六月二十六日発行の米物理誌「フィジカルレビューレター」に掲載された。

研究チームの永江知文・同機構素粒子原子核研究所助教授は「こうした研究が進んで中性子星中のラムダ粒子の存在が確かめられれば、中性子星の中だけとはいえず、物質は陽子と中性子と電子からなるという物質観の変更に迫られることになる」と話している。

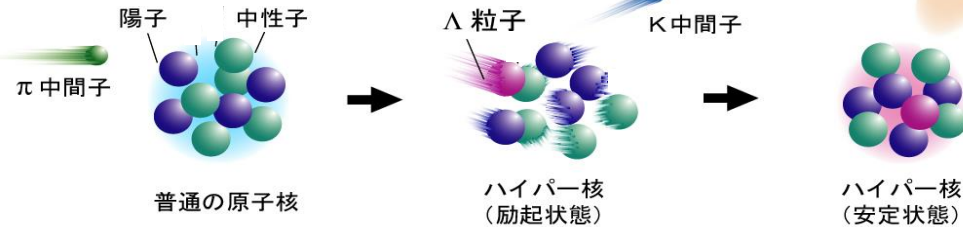
エネルギーを測って、ラムダ粒子と陽子、中性子の間に働く力を精度よく調べたい。



東北大院生が中心＋他大学
東北大4年生も、実習として実験に参加

2015 06 26

ハイパー核の γ 線測定実験 @J-PARC



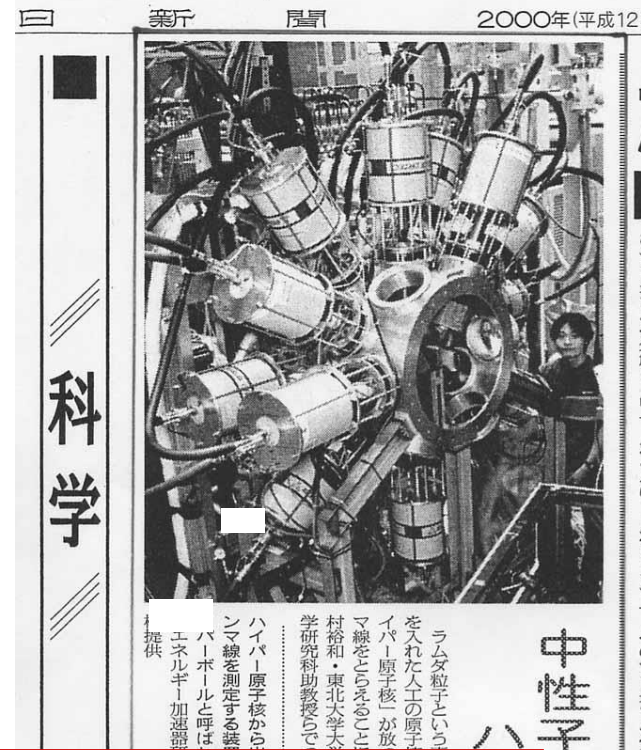
ハイパー核の発する γ 線を測れる世界唯一の装置

新型ガンマ線検出器
東北大で開発・製作



- γ 線からハイパー核の中の Λ 粒子の振る舞いが手に取るように分かる
核内での粒子の性質変化も分かる—2021年以降に実験実施。
- Σ 粒子の核力を正確に測定する世界初の実験を現在実施中
- Ξ^- 粒子と原子核からなる「原子」を初めて作り, Ξ 粒子の核力を測る実験を
2020年秋に実施

→ 中性子星の謎の解明へ



電子ビームによるハイパー核の高精度分光法の開拓

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、東北大院生が中心的役割

マインツ大学(ドイツ)では、精密ハイパー核崩壊分光を開拓。
大学院生は、数か月×1~2回／年 ドイツやアメリカに滞在して研究の最先端を担う

電子ビームによるハイパー核の高精度分光法の開拓

Jefferson研究所(米国バージニア州)、Mainz大学(ドイツ)

HES

HKS

- 2018年秋に電荷0のハイパー核($nn\Lambda$)を探す実験を実施(解析中)
- 2020年に中性子星内部の Λ を調べる実験を実施(準備中)

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、東北大院生が中心的役割

マインツ大学(ドイツ)では、精密ハイパー核崩壊分光を開拓。

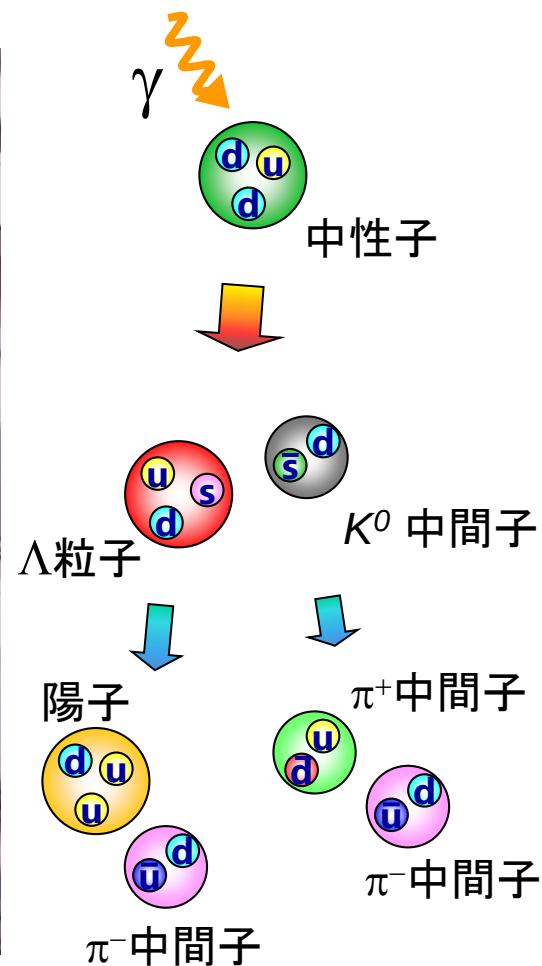
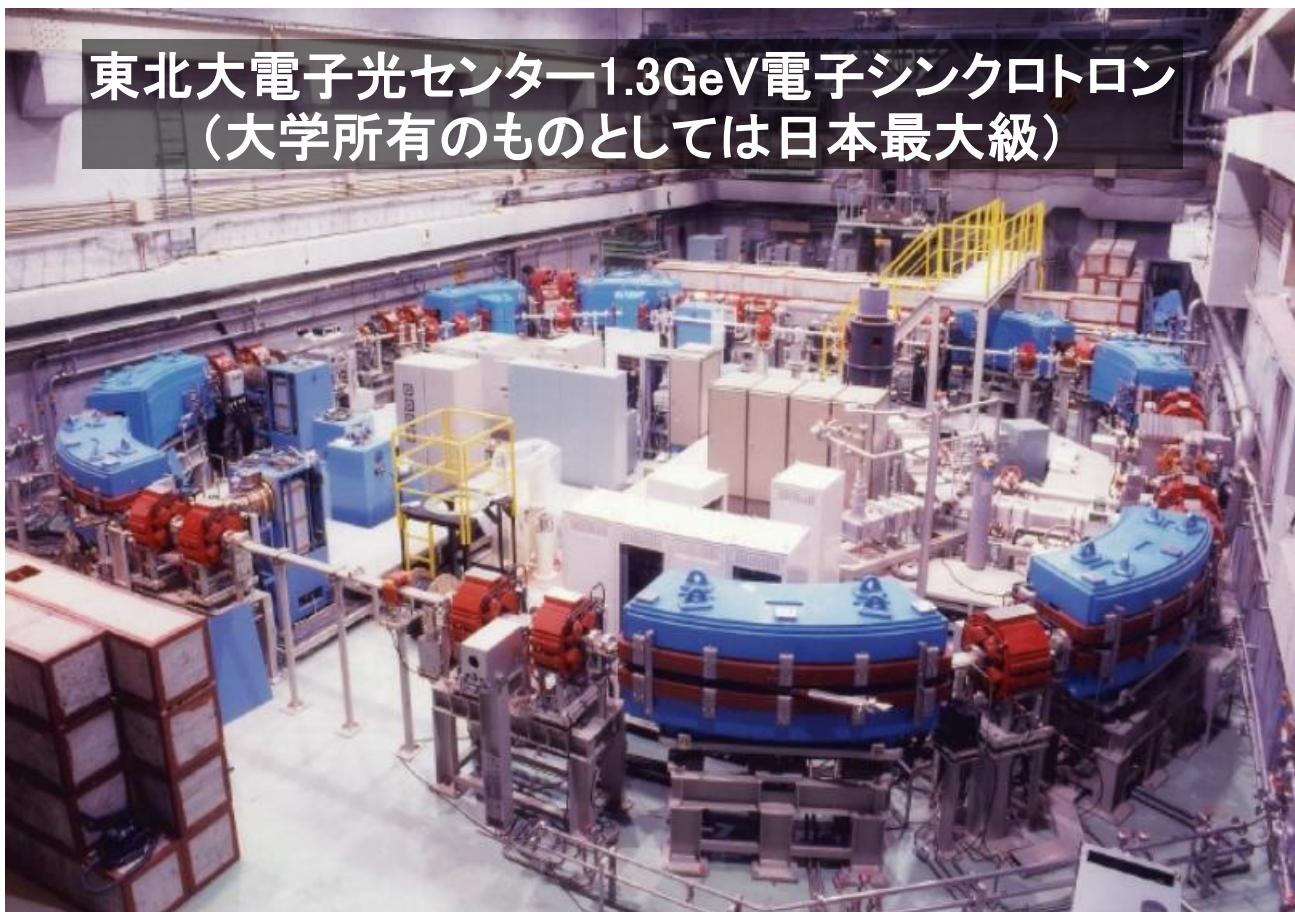
大学院生は、数か月×1~2回/年 ドイツやアメリカに滞在して研究の最先端を担う

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

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

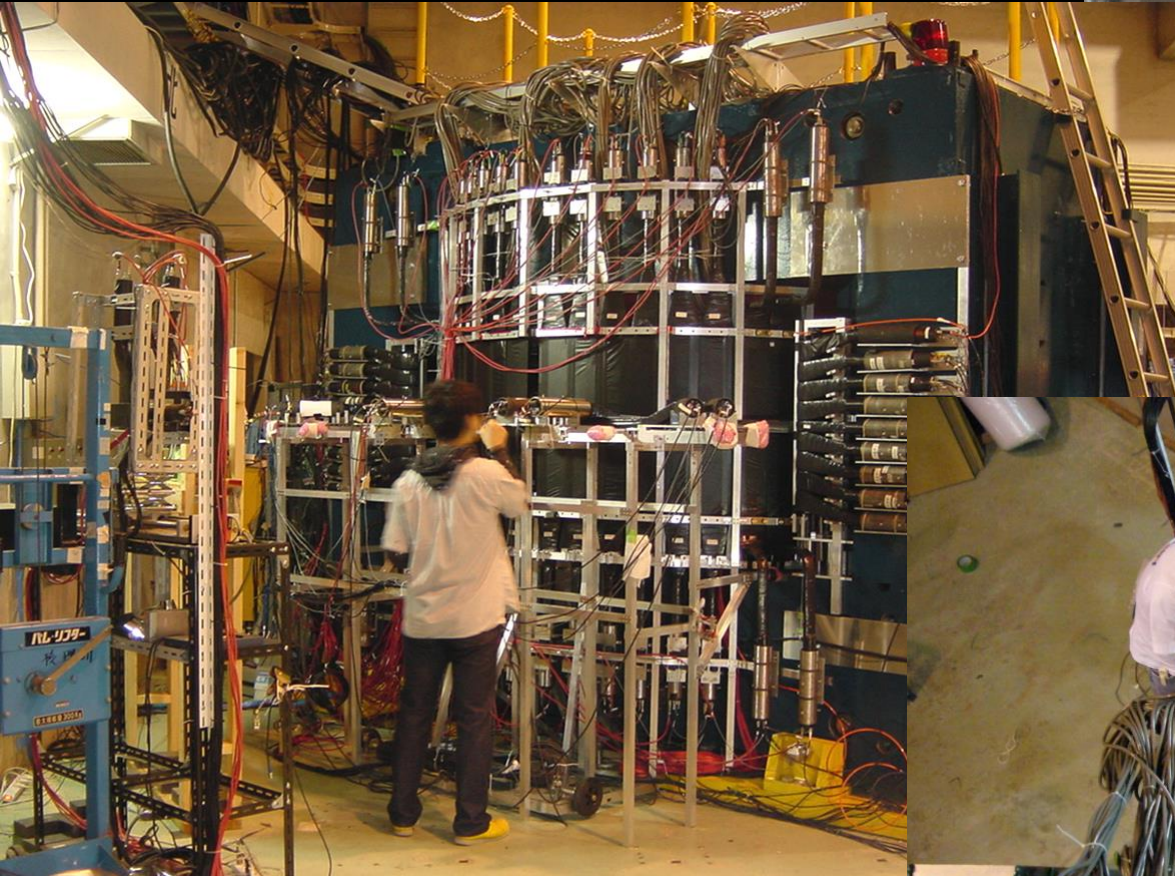
➡ ストレンジクォーク生成の
謎の解明への一歩

東北大電子光センター1.3GeV電子シンクロトロン
(大学所有のものとしては日本最大級)



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

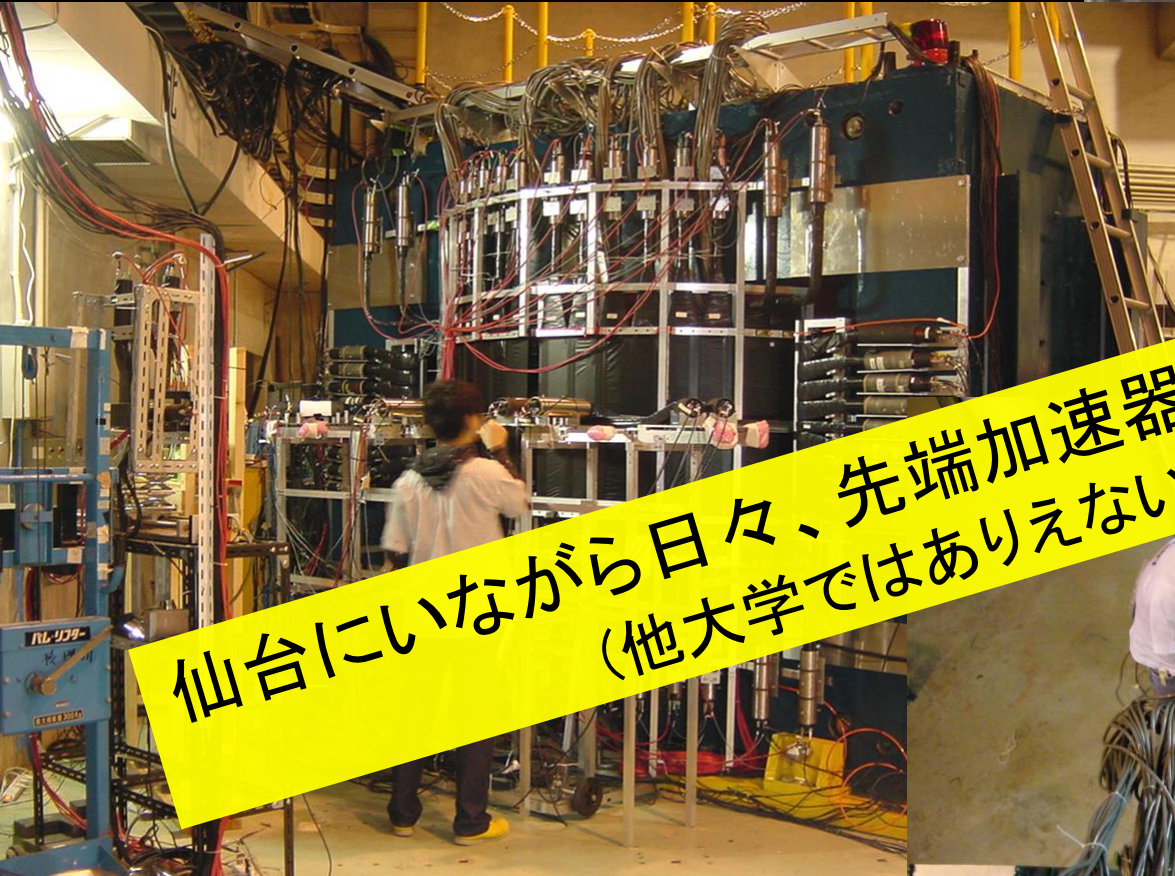


院生が中心となって実験を進める
4年生も参加できる

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



仙台にしながら日々、先端加速器で研究ができる！
(他大学ではありえない環境)

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

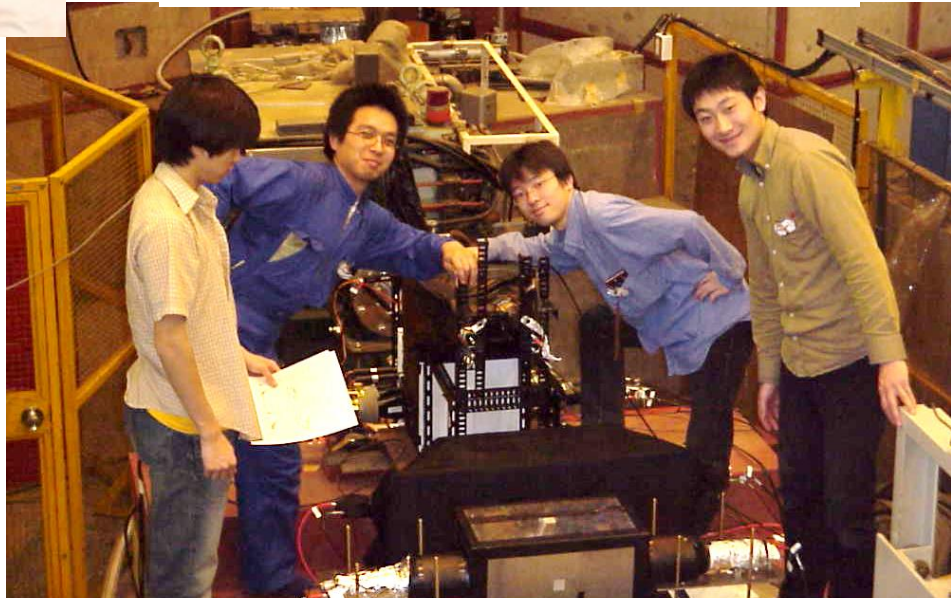
検出器のビームテスト実験
東北大電子光センター、東北大サイクロ



検出器の製作風景



作った検出器にビーム照射



その場でデータ解析



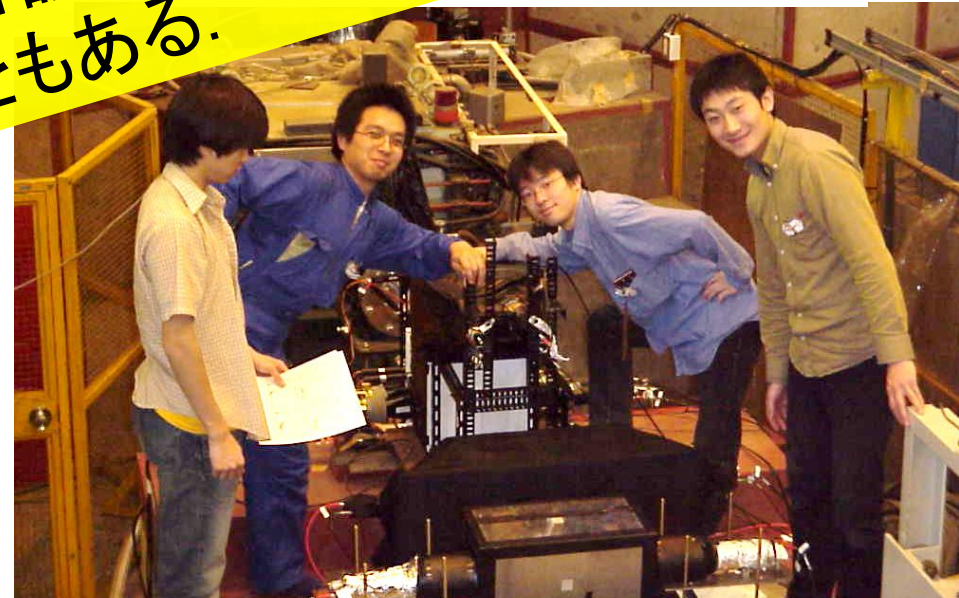
新しい検出器の開発・製作・テスト実験

検出器のビームテスト実験
東北大電子光センター、東北大サイクロ

検出器の製作風景



- 検出器開発は、修士課程院生、4年生が中心
- 4年生の開発した検出器が本実験に採用され、新発見につながることもある。



4年生に対する教育

■ 4年ゼミ 原子核(+素粒子)物理 の英文教科書を輪講

原子核物理(ストレンジネス, エキゾティック、短寿命)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、 データ収集や解析(プログラミング)の方法
オープンキャンパス「目で見える素粒子・原子核」のための装置製作

■ 4年研究 新しい検出器の開発・特性の研究、ビームでの性能テスト実験、 J-PARC実習、電子光での実習 → 最先端実験に参加、データ解析も (主に院試後)

ガス検出器
半導体検出器
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

最先端データの解析やシミュレーション

日本物理学会(3月末)で発表