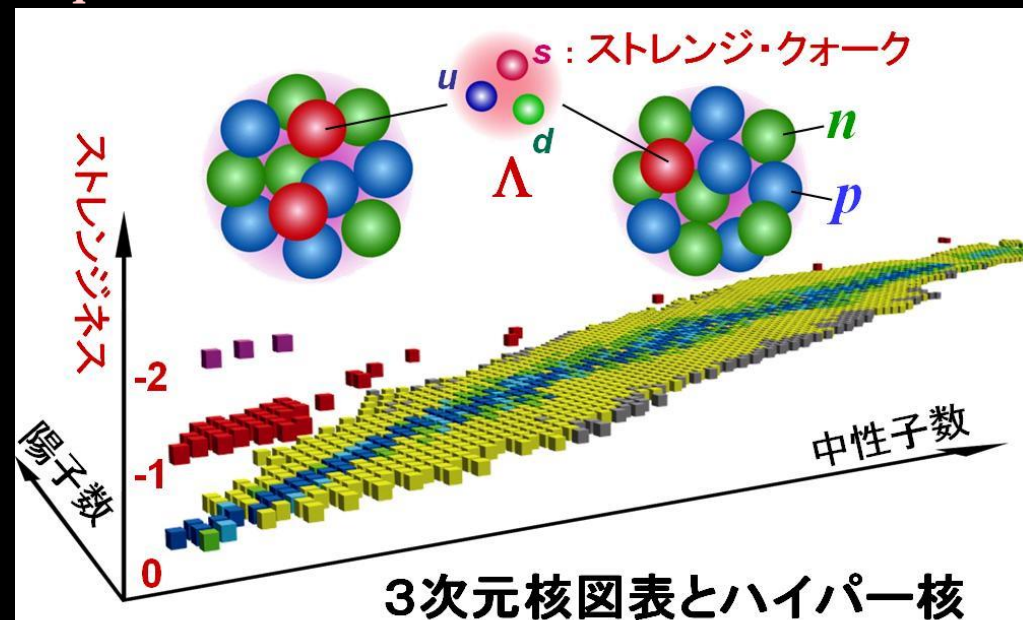


ストレンジネス核物理グループ

(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, 鵜養美冬(兼任)
 助教 金田 雅司, 永尾 翔, 吉田純也, (1名募集中)
 大学院生 博士課程 6名 学振特別研究員x1、宇宙創成国際大学院生x3
 修士課程 10名 宇宙創成国際大学院生x4

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

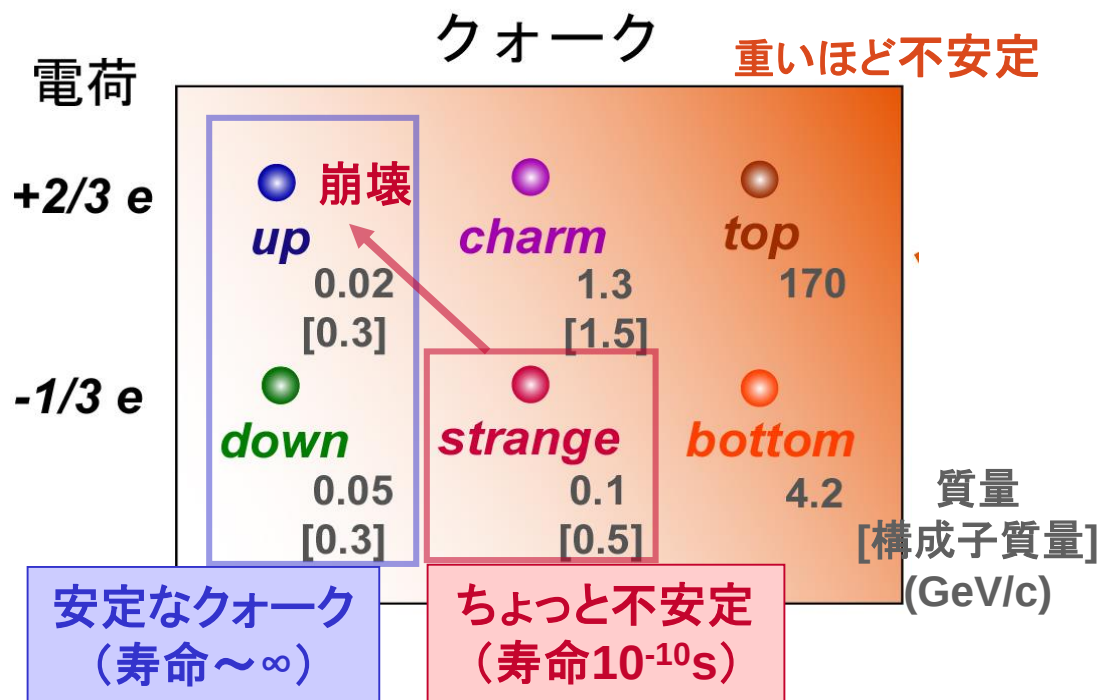
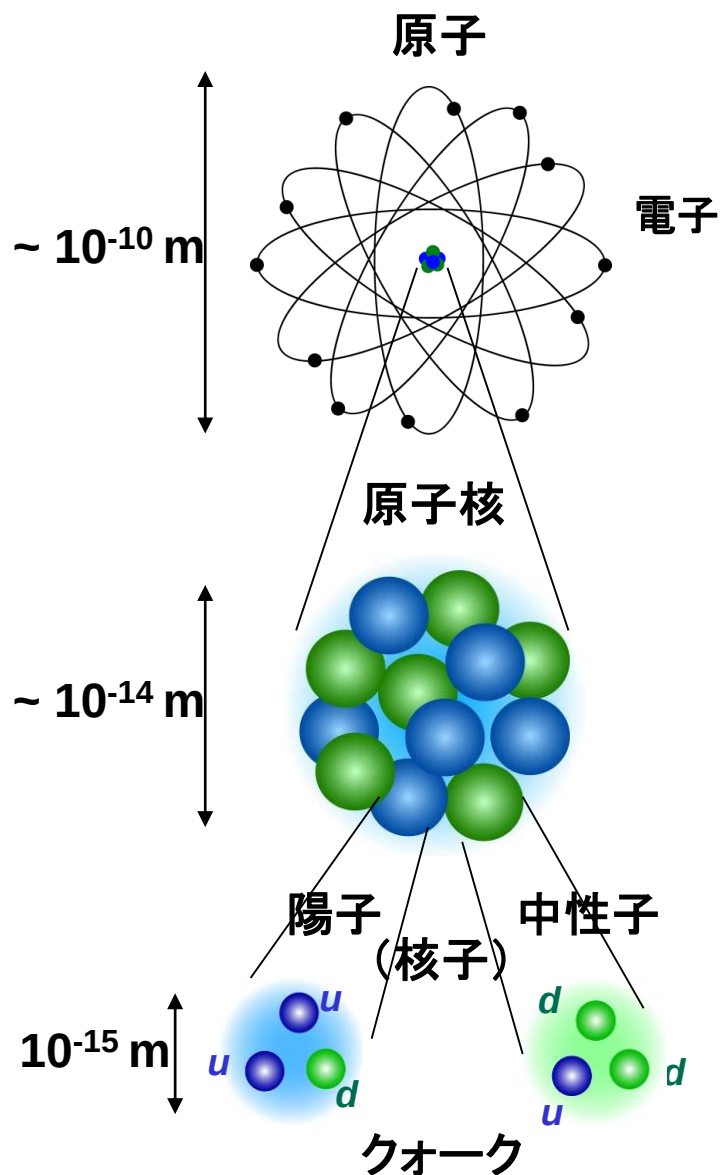
Tel: 795-6454, 6453

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。

物質は何からできているか？



up と down 以外のクォークでは
物質が作れないのか？

8つの核子の仲間

u, d, s クォークからなるバリオン (spin=1/2)
(バリオン=3つのクォークからなる粒子)

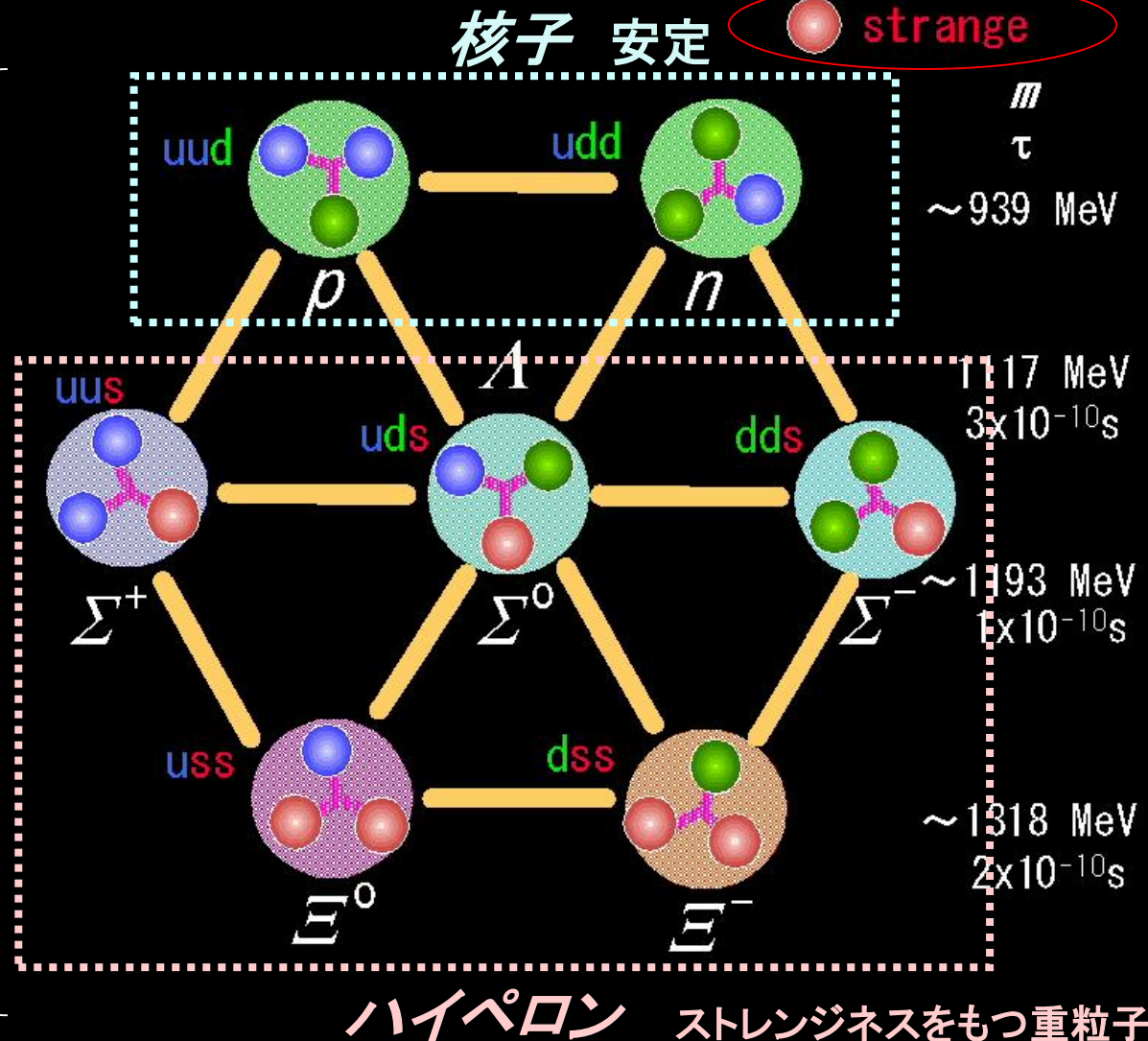
quark

up

down

strange

これらすべてが
原子核の
構成要素となれる
ことがわかってきた

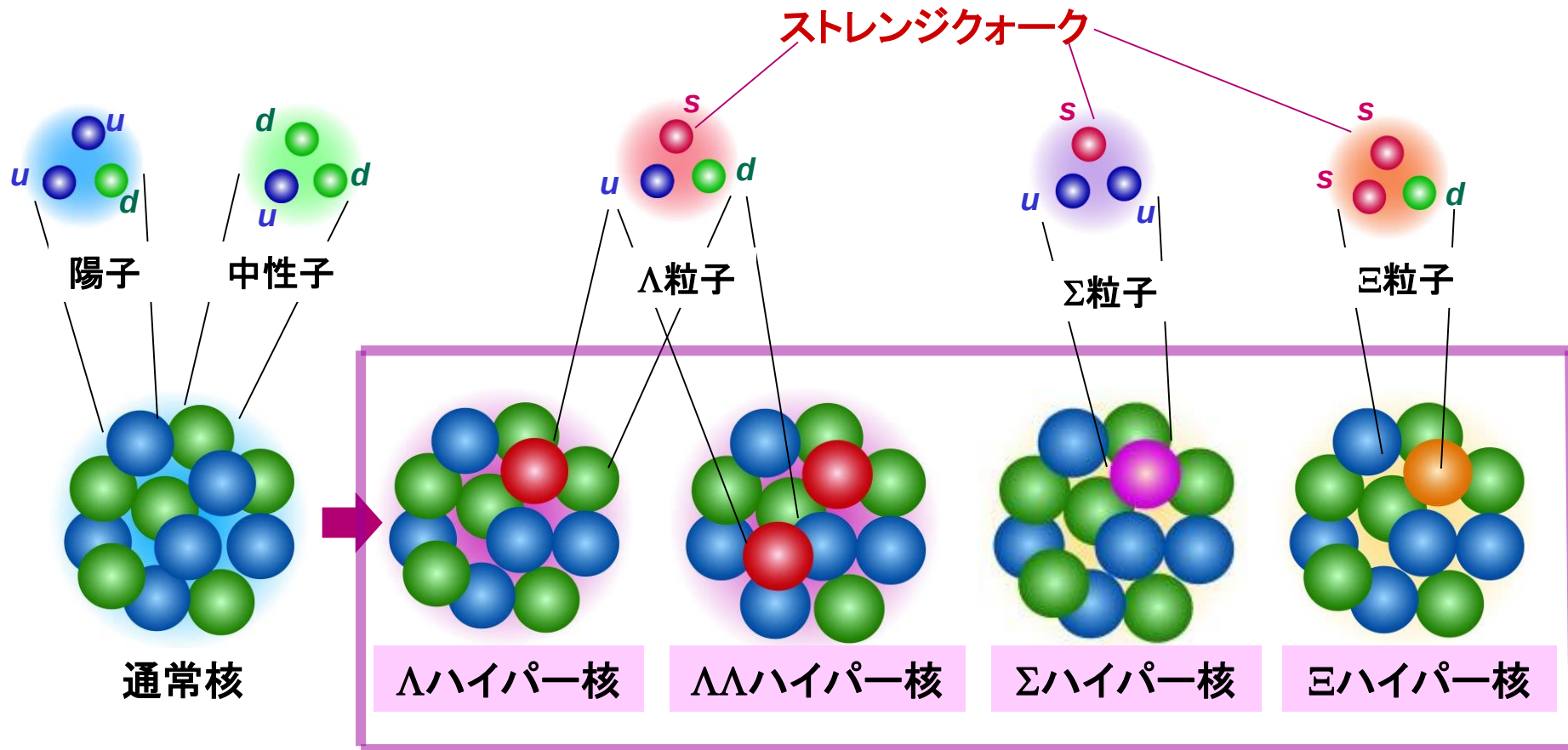


ハイパー核

ハイペロンを含む原子核

= s(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

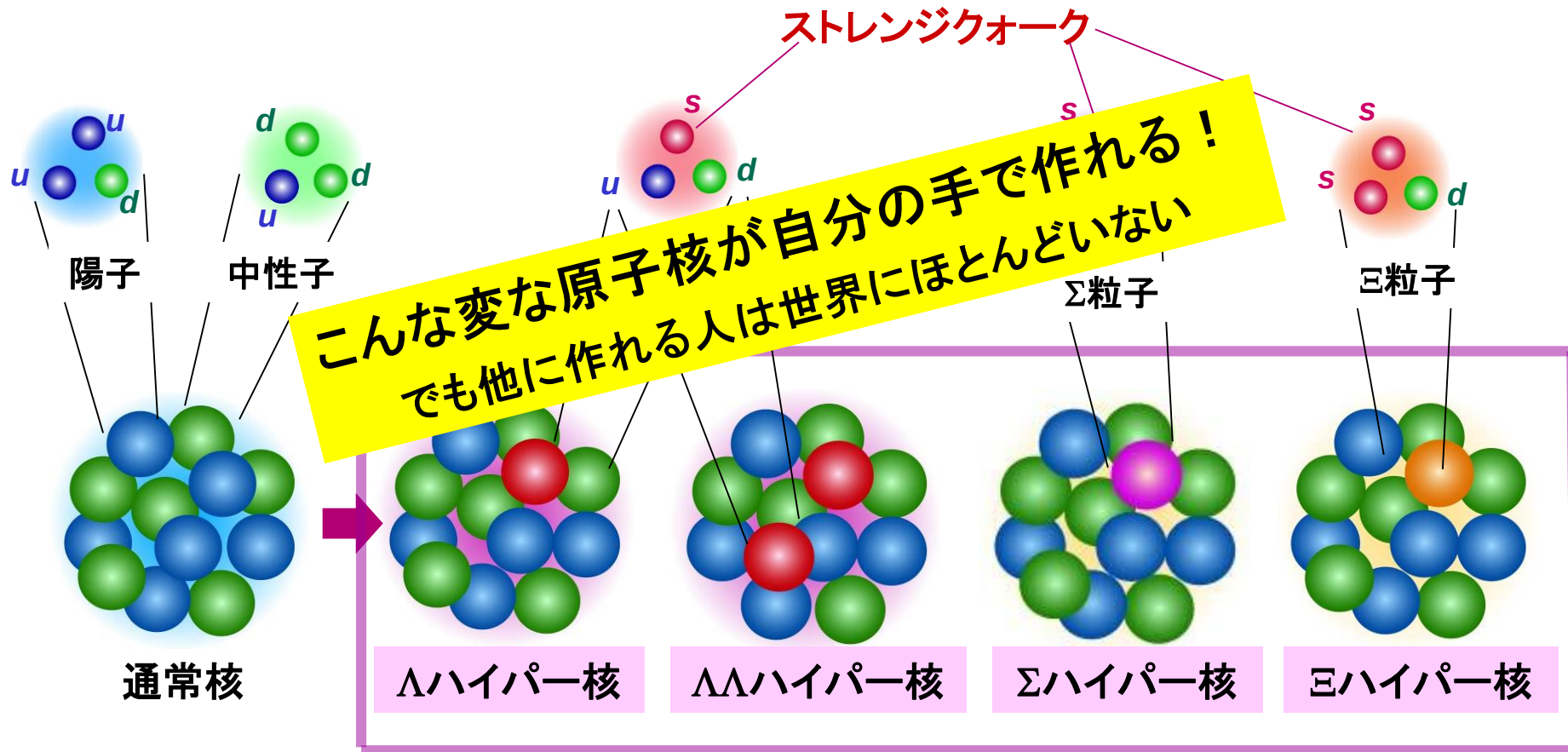


ハイパー核

ハイペロンを含む原子核

= s(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



中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核) 内部の未知物質

- 質量: 太陽質量の1~2倍、半径: 10 km程度
→ 宇宙で最高の密度: 中心は10~30億トン/cm³
- “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

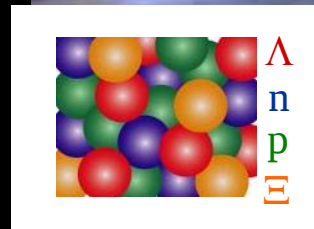


東京ドーム2000杯分の土を
角砂糖1個の大きさに圧縮



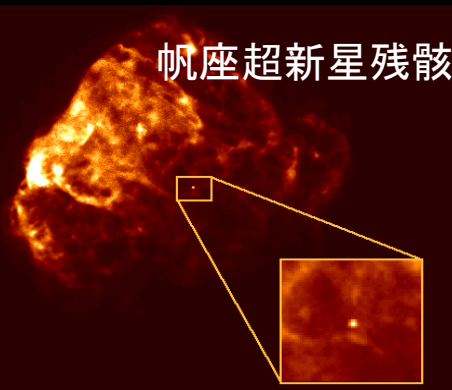
中性子物質

外側は、中性子だけで
できた物質のはず



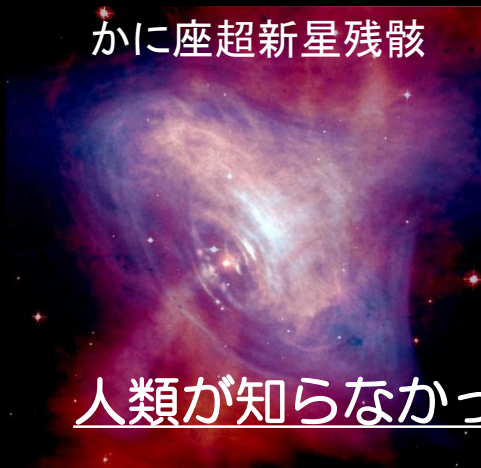
ストレンジ・ハドロン物質 ?

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



帆座超新星残骸

かに座超新星残骸



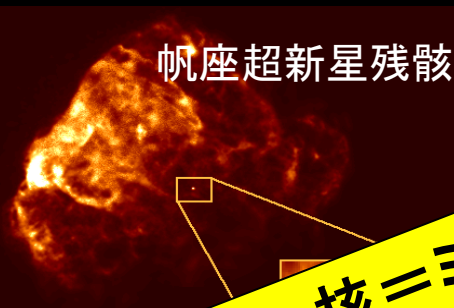
人類が知らなかった (太陽系周辺に存在しない) まったく新しい姿の物質

中性子星 (宇宙に浮かぶ巨大原子核) 内部の未知物質

- 質量: 太陽質量の1~2倍、半径: 10 km程度
→ 宇宙で最高の密度: 中心は10~30億トン/cm³
- “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



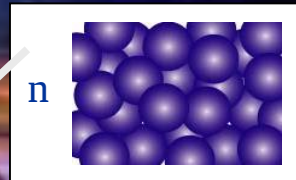
東京ドーム2000杯分の土を
角砂糖1個の大きさに圧縮



帆座超新星残骸

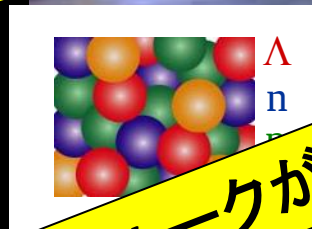
「ハイパー核＝ミニ中性子星」の研究から
この物質の性質がわかる

宇宙に sクォークが安定に存在するのか？



中性子物質

外側は、中性子だけで
できた物質のはず



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

人類が知らなかった (太陽系周辺に存在しない) まったく新しい姿の物質

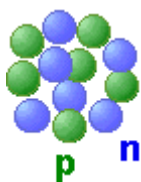
ストレンジ・クォークで果てしなく広がる物質の世界

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

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・鶴養)

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、 Λ ・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

世界最大強度の陽子加速器

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

Λ ハイパー核
精密 π 崩壊分光

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

実験室 (Hall A)

“世界一の
電子加速器”

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

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・鶴養)

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、 Λ ・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

新壊分光

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

東北大電子光センター
1.3 GeV シンクロトロン

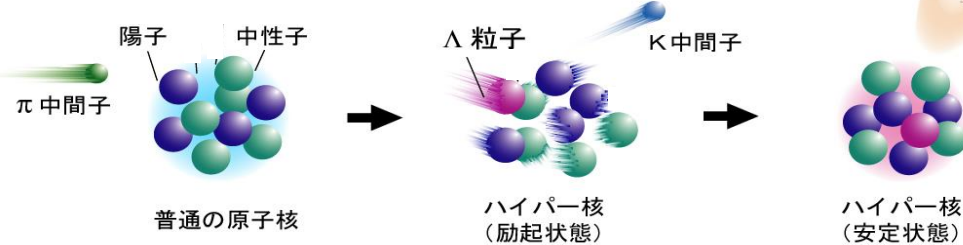
マインツ大学 (独)
1.5 GeV マイクロトロン

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

“世界一の
電子加速器”

ハイパー核の γ 線測定実験 @J-PARC

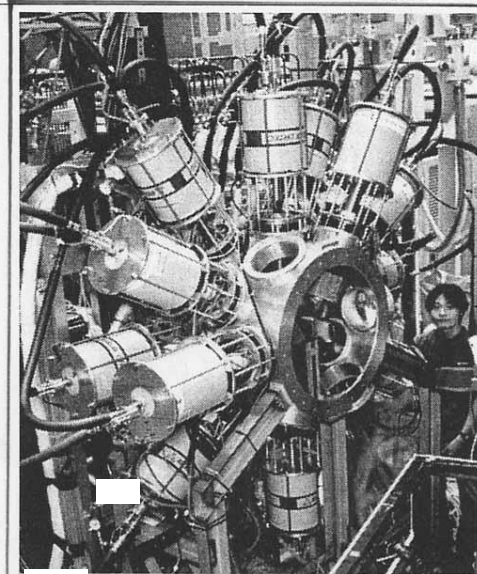


ハイパー核の発する γ 線を測れる世界唯一の装置

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」が放つガンマ線をとらえることに、田村裕利・東北大学大学院理学研究科助教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いわれている。そうした一風変わった物質世界を探る一歩、ラムダ粒子が一個入ったハイパー原子核という素粒子を入れた人工の原子核「ハイパー原子核」が放つガンマ線をとらえることに、田村裕利・東北大学大学院理学研究科助教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

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、陽子と中性子が三個ずつとラムダ粒子が一個入ったハイパー原子核という素粒子を入れた人工の原子核「ハイパー原子核」が放つガンマ線をとらえることに、田村裕利・東北大学大学院理学研究科助教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

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。
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。

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

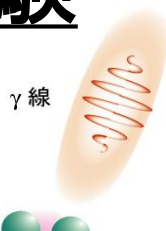
陽子

中性子

Λ 粒子

K 中間子

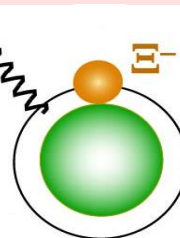
γ 線



- Ξ^- 粒子が原子核の周りを回る「原子」を初めて作り、 Ξ の核力を測る実験を実施中
- 核内での粒子の性質変化を見る実験
一準備中、2022年から実施

X rays

Ξ 原子



→ 中性子星の謎の解明へ

中性子星の世界探る一歩
ハイパー原子核を見た

チームが成功
自然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
心につくられ
てきた原子核
の終末の姿で
現れるラムダ粒
子ではないとい
う。今回の実験で、
陽子と中性子が三個ずつこ
そした一風
ラムダ粒子が一個入ったハ
イパー原子核を探る一
歩が成功した。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
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、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。
この研究は、六月二十六
日発行の米物理学誌「フィジ
カル・レビュー・レターズ」に
掲載された。

2015 06 26

東大院生が中心＋他大学
東北大4年生も、実習として実験に参加

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

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
大学院生は、数か月×1~2回／年 ドイツや米国に滞在し研究の最先端を担う

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

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⁻ beam

■ 2022年に中性子星内部の Λ を調べる画期的実験を予定(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

数か月の滞在で英語への抵抗がなくなる
自然と国際感覚が身につく

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
大学院生は、数か月×1~2回／年 ドイツや米国に滞在し研究の最先端を担う

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

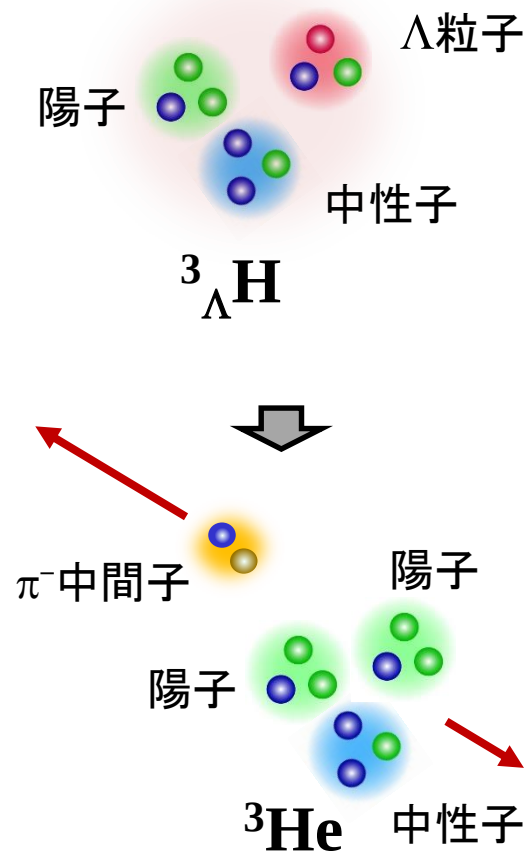
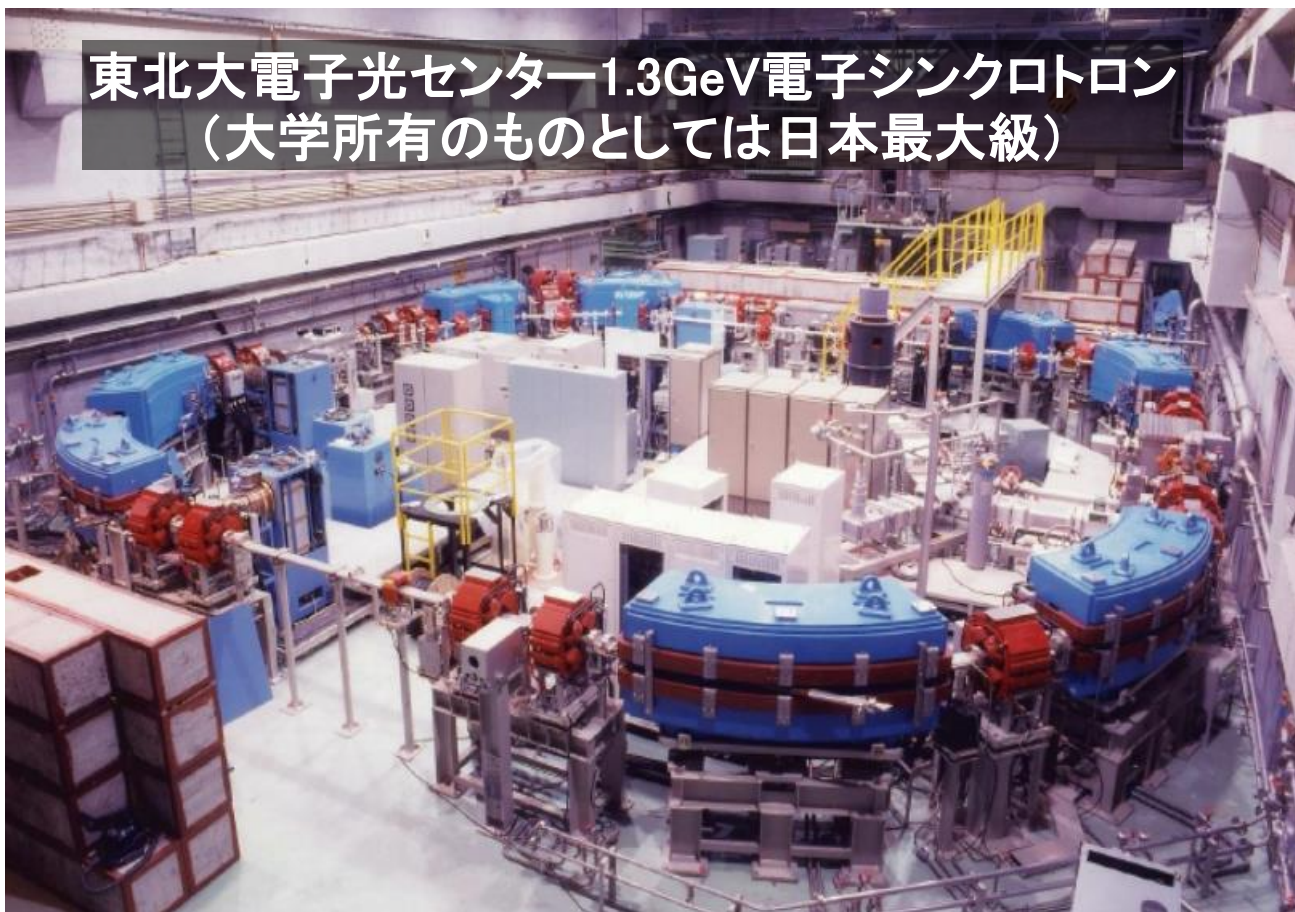
東北大学電子光物理学研究センター(ELPH)での ハイパー核実験

低エネルギー光子からの
sクォーク生成反応
 $\gamma + n \rightarrow \Lambda + K_S^0$ に初めて成功



最小のハイパー核 ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ (pn Λ) を作り
謎に包まれたその寿命を正確に測る
(実験準備中)

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)



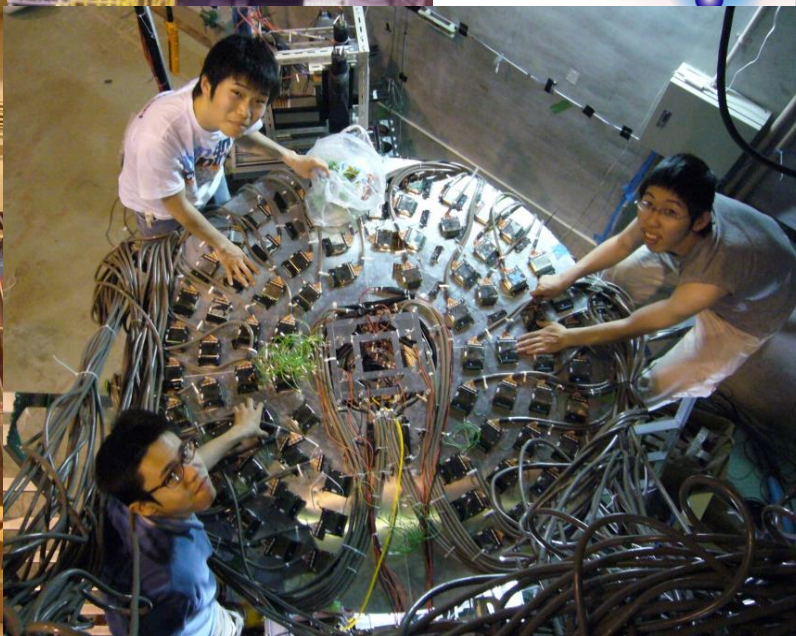
東北大学電子光物理学研究センター(ELPH)での ハイパー核実験

低エネルギー光子からの
sクォーク生成反応
 $\gamma + n \rightarrow \Lambda + K_S^0$ に初めて成功

最小のハイパー核 ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ (pn Λ) を作り
謎に包まれたその寿命を調べる！



東北大学電子光物理学研究センター(ELPH)で
仙台にしながら日々、加速器で最先端研究ができる！
4年生も参加 (他大学ではありえない環境)



新しい検出器の開発・製作・テスト実験

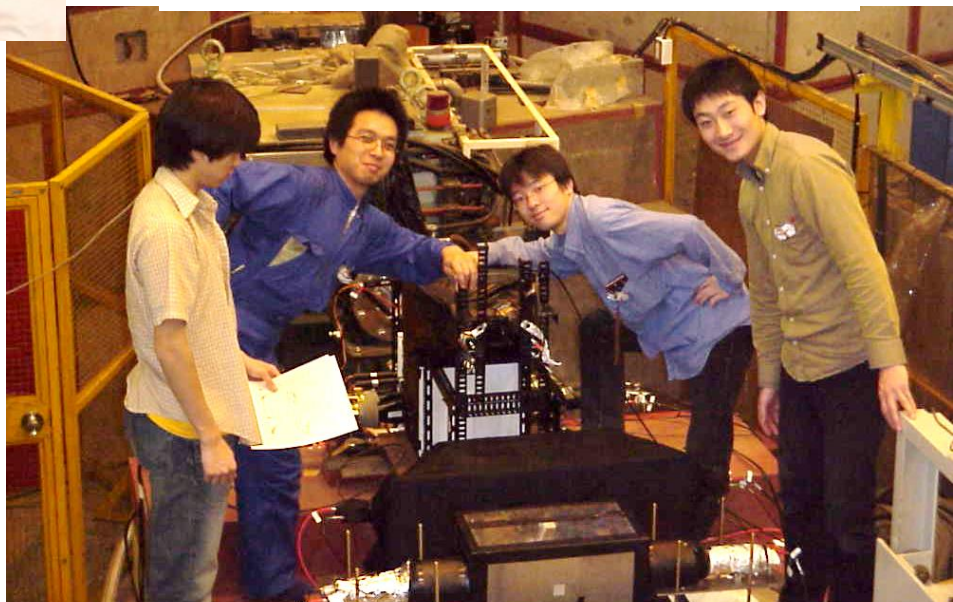
検出器のビームテスト実験
東北大電子光センター、東北大サイクロ



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

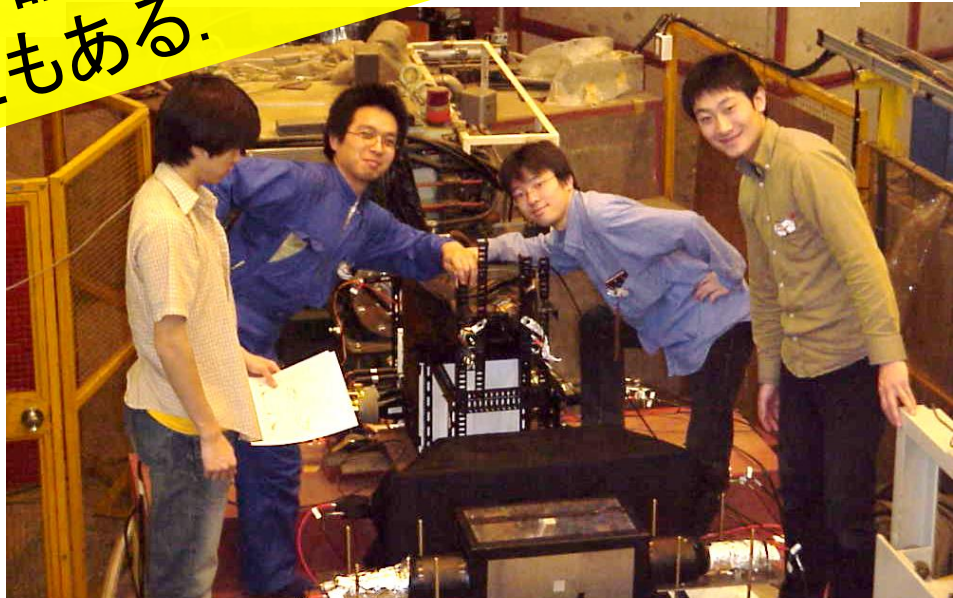
検出器のビームテスト実験

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

■ **実験学ゼミ** 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

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

■ **4年研究(院試後)**

東北大電子光やサイクロを用いる

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

→ **最先端のストレンジネス実験で使用**

J-PARC、電子光で 最先端実験に参加、データ解析も



日本物理学会(3月末)で発表

■ 博士号取得者の進路(現在)

KEK准教授x2、京都大准教授、東北薬科大准教授、KEK講師/東北大特任准教授、東北大助教、KEK助教 x 3名、大阪大助教、京都大助教、群馬大助教、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)、文科省卓越研究員(JAEA)(テニュアトラック)、KEK博士研究員、JAEA博士研究員、米国エネルギー省、民間企業 x 4名

博士取得者の大部分(18人/22人中)が研究者として独り立ち

■ 修士号取得者の就職先 (過去~5年)

日立、東芝、NEC、富士通、ルネサス、ソニーLSI、新日鉄住金エンジニアリング、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 など

■ 博士後期学生(日本人)学術振興会特別研究員 24人中16人 約7割

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、東北大学黒田チカ賞、東北大学総長賞、東北大学物理学専攻賞(多数)、橋本賞・ANPhA賞(多数)