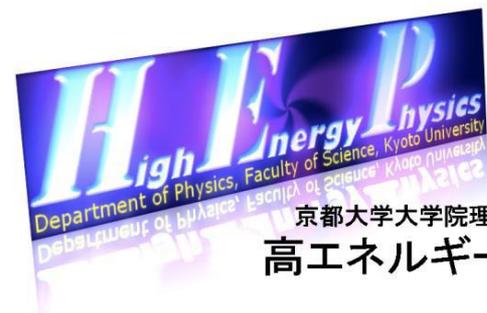


高エネルギー物理学研究室 (素粒子実験研究室) 研究内容紹介

20130808

京都大学オープンキャンパス



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

もくじ

- 素粒子実験って？
 - そもそも素粒子ってなに？
 - なぜ「高エネルギー」なのか
 - どうやって実験している？
- 京大ではどんな実験をやっているのか？
 - T2K実験
 - KOTO実験
 - ATLAS実験
- 具体的に研究ってどういうことをしているのか？
- 学部生の間は何をするのか？

素粒子実験とは？

- 最近、色々と報道されています！
- なんかすごそうだけど、何をやっているのか良く分からない。。。



そもそも素粒子って？

- 素粒子 = 物質を構成する最小単位
 - 我々の暮らす世界（物質・質量・空間...）は何から出来ている？
 - 宇宙を支配する物理法則とはどのようなものなのか？
- これらの問題を、実際に実験を行い、
観察することで解き明かす学問

= 素粒子実験

- 「標準理論」といわれる理論で
大体説明できる
- それぞれ対になる「反粒子」がある

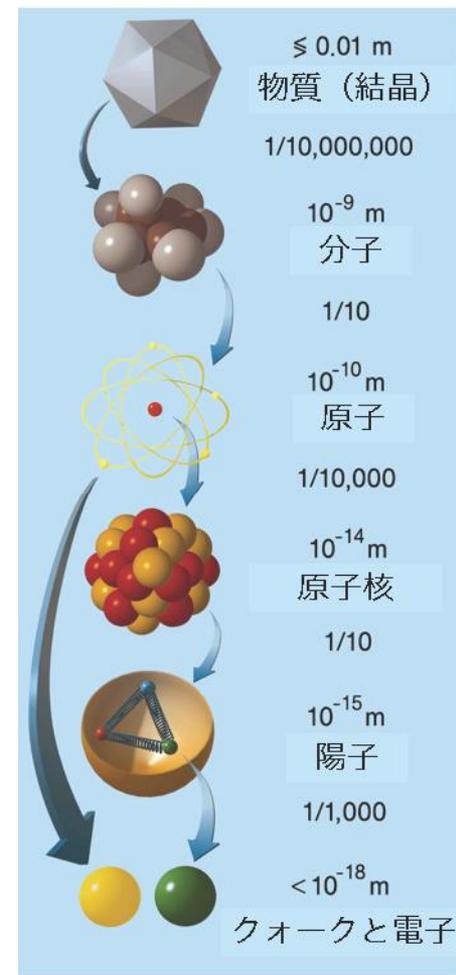
	フェルミオン			ボソン		
クォーク	u アップ	c チャーム	t トップ	γ 光子		
	d ダウン	s ストレンジ	b ボトム	g グルーオン		
	ν_e 電子ν	ν_μ ミューν	ν_τ タウν	W Wボソン		
レプトン	e 電子	μ ミューオン	τ タウ	Z Zボソン	H ヒッグス	

力を伝える素粒子

質量をもたらす素粒子

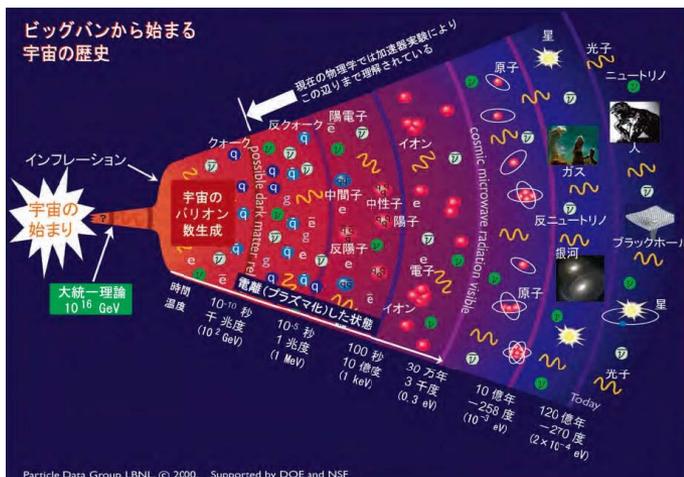
2012年、ついに発見！

物質の元になる素粒子



なぜ「高エネルギー」なのか

- 宇宙の誕生・・・ビッグバン＝高密度のエネルギー
- エネルギーから物質と反物質が同じ量生成された
 - 反物質・・・物質と対の存在。対応する物質と出会うと、対消滅してエネルギーだけが残る
- しかし、現在の宇宙には物質しか存在しない
→今の宇宙の大きな謎の一つ。反物質はどこに消えた？
- 高エネルギーの環境を再現すれば、初期宇宙で起こった現象が分かる！



できたばかりの宇宙

1,000,000,001

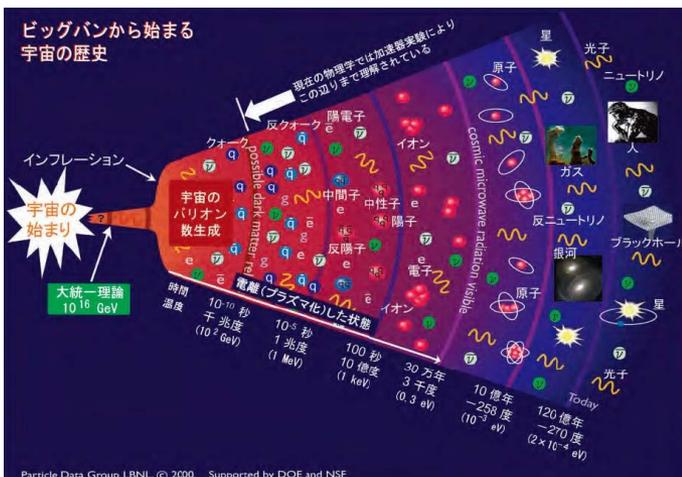
物質

1,000,000,001

反物質

なぜ「高エネルギー」なのか

- 宇宙の誕生・・・ビッグバン＝高密度のエネルギー
- エネルギーから物質と反物質が同じ量生成された
 - 反物質・・・物質と対の存在。対応する物質と出会うと、対消滅してエネルギーだけが残る
- しかし、現在の宇宙には物質しか存在しない
→今の宇宙の大きな謎の一つ。反物質はどこに消えた？
- 高エネルギーの環境を再現すれば、初期宇宙で起こった現象が分かる！



できて少し後の宇宙

1,000,000,002

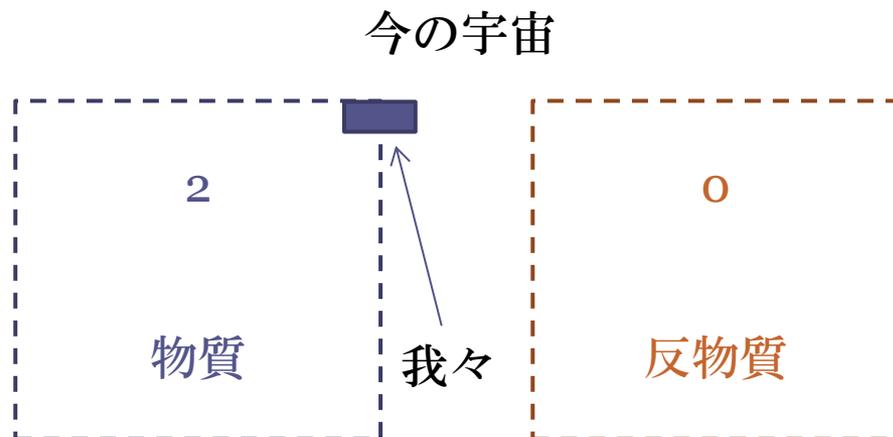
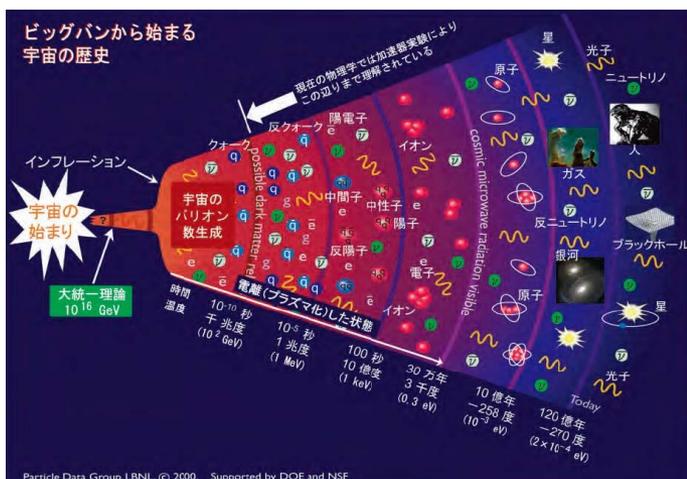
物質

1,000,000,000

反物質

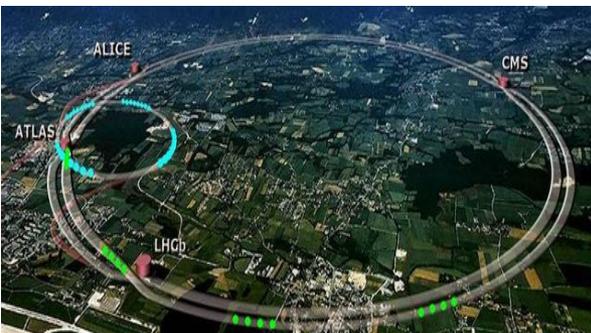
なぜ「高エネルギー」なのか

- 宇宙の誕生・・・ビッグバン=高密度のエネルギー
- エネルギーから物質と反物質が同じ量生成された
 - 反物質・・・物質と対の存在。対応する物質と出会うと、対消滅してエネルギーだけが残る
- しかし、現在の宇宙には物質しか存在しない
→今の宇宙の大きな謎の一つ。反物質はどこに消えた？
- 高エネルギーの環境を再現すれば、初期宇宙で起こった現象が分かる！

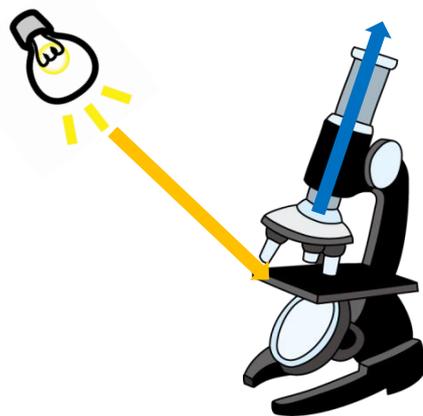


どうやって実験するのか？

- 「加速器」と「検出器」を使う
 - 顕微鏡に例えると、光とレンズ（ただし、素粒子は光では見えないけど）
- 加速器（光）・・・粒子を光速近くまで加速し、衝突(反応)させる
 - 初期宇宙の状態を再現
- 検出器（レンズ）・・・衝突によって生成した粒子をとらえ、何が起こったのかを観測する
- 大規模実験→色々な国の機関が、協力して実験を進める
 - 外国の人と協力して研究を進められるのも、大きな魅力！



例：LHC加速器
陽子と陽子を衝突させる

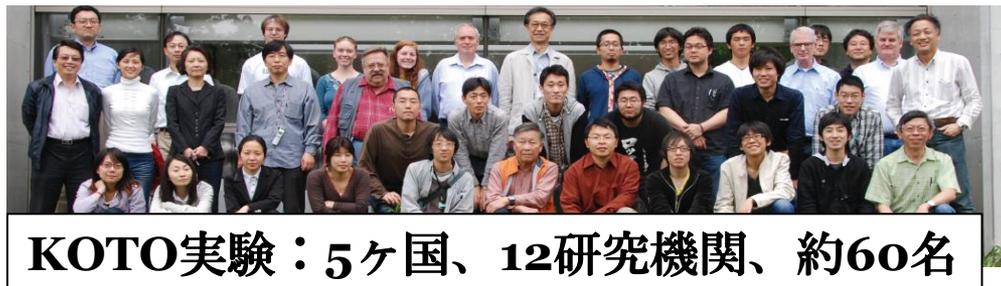


例：ATLAS検出器
衝突した陽子から生成した
様々な粒子をとらえる

(写真提供 CERN アトラス実験グループ)

京大高エネ研が参加している実験

T2K実験：11ヶ国、59研究機関、約500名



KOTO実験：5ヶ国、12研究機関、約60名



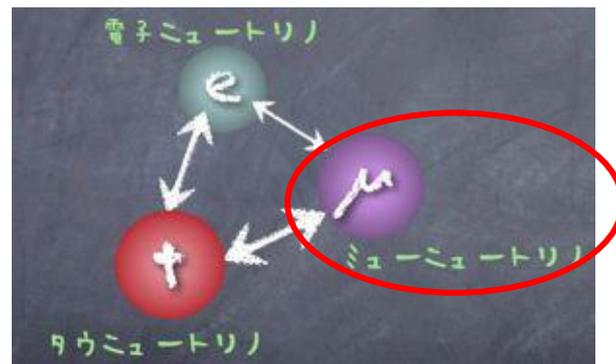
ATLAS実験：38ヶ国、174研究機関、約3000名

T2K実験 (Tokai to Kamioka)



- 素粒子である、ニュートリノの性質を調べる実験。
- ニュートリノって？
 - 電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノの三種類がある（もっとあるかも？）
 - 電荷を持たず、物質とほとんど反応しない。→未だに謎が多い
- 長い距離を飛ぶ間に、ニュートリノが別の種類のニュートリノに変身する現象（**ニュートリノ振動**）をとらえる
 - **今の理論では説明できない現象！**

	フェルミオン			ボゾン	
クォーク	u アップ	c チャーム	t トップ	γ 光子	
	d ダウン	s ストレンジ	b ボトム	g グルーオン	
	ν_e 電子ν	ν_μ ミューν	ν_τ タウν	W Wボゾン	
レプトン	e 電子	μ ミューオン	τ タウ	Z Zボゾン	H ヒッグス

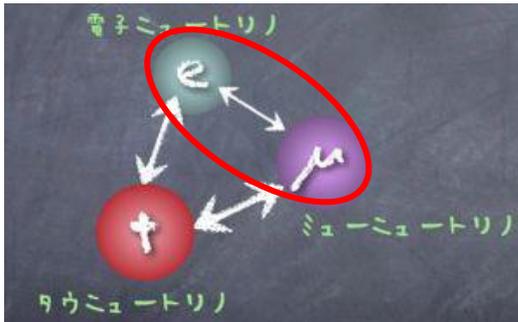


- 茨城県東海村にある**世界最高強度**の陽子加速器**J-PARC**から打ち出したニュートリノを、295km先の、岐阜県飛騨市神岡山中にある**世界最大級**の検出器**スーパーカミオカンデ**で検出する。
- 発射直後の様子を、前置検出器で観測して、295kmの間にニュートリノがどう変身したかを調べる



- 2013年7月、京大メンバーが中心となって世界で初めて $\mu \leftrightarrow e$ 振動パターンを観測！

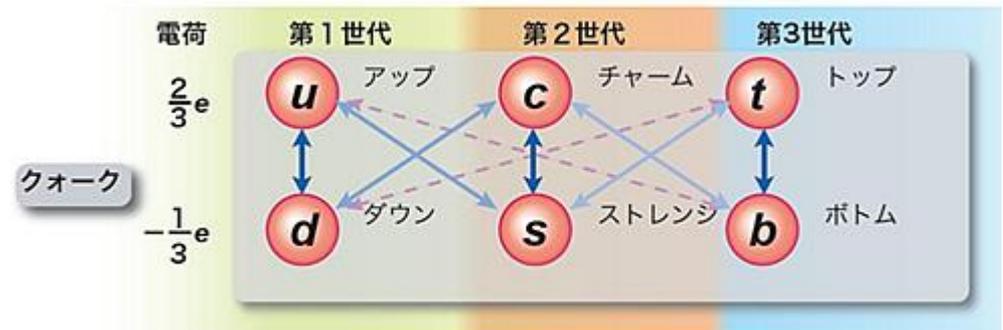
本研究室、博士課程の家城さん



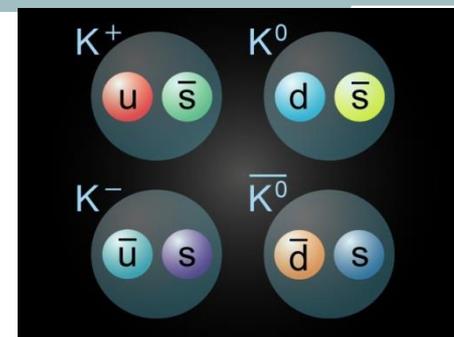
- 今後は反ニュートリノを発射。ニュートリノとの違いが見られるか？
- スーパーカミオカンデをさらにグレードアップし、20倍の体積をもつハイパーカミオカンデの建設を計画中(100万トン！)

KOTO実験 (K^0 at Tokai)

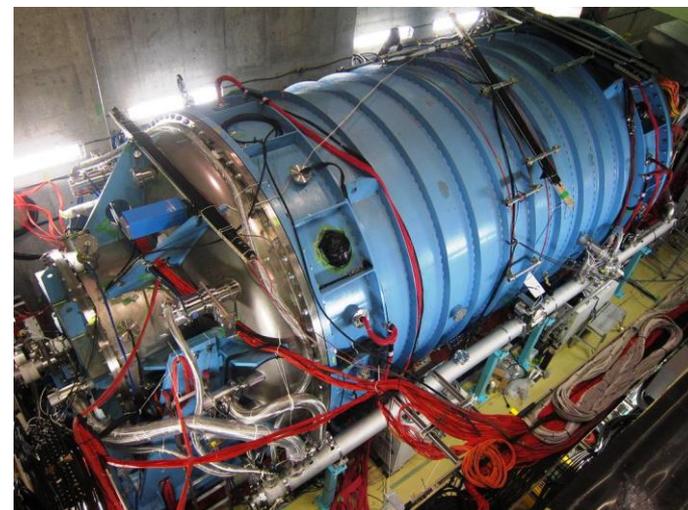
- 2008年にノーベル賞を受賞した、「小林・益川理論」に関わる実験
- 宇宙が生まれたとき物質と反物質は同量存在したが、現在の宇宙にはほとんど物質しか残っていない
 - 物質と反物質では、従う物理法則が異なる(**CP対称性の破れ**)
 - 小林・益川理論で説明。クォークが6種類以上あることを予言
- しかし、小林・益川理論だけでは「破れ」が小さすぎて、今の宇宙にこれほどの物質が残っている事を説明できない



- J-PARCで生成した、「中性K中間子(K^0)」という粒子の性質を調べる。
- 「 $K^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 」という崩壊が起こる確率を測定すると、CP対称性がどのくらい破れているか確かめることができる！（400億分の1の確率と言われており、まだ見つかっていない）
- 宇宙がどうして現在のような姿になったのか、その起源の謎に迫る！



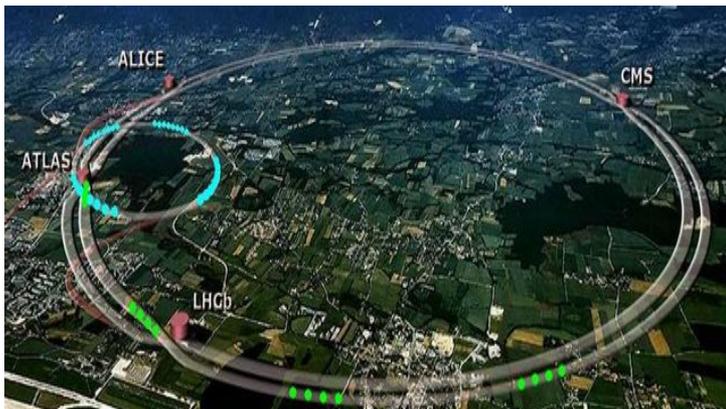
KOTO検出器 内部



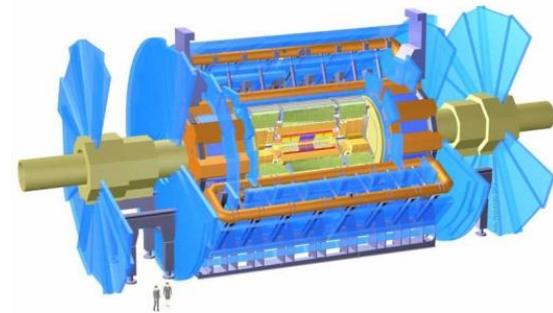
KOTO検出器 外観

ATLAS実験(A Toroidal LHC ApparatuS)

- スイス・フランス国境にあるLHC加速器を使った実験。ヨーロッパと日本が中心となって進めている。
- 光速近くまで加速させた陽子を正面衝突させる。世界最高エネルギー8TeVを誇る。(光速の約99.9999993%)
- 未発見の粒子を探索する。ヒッグス粒子はその一つ



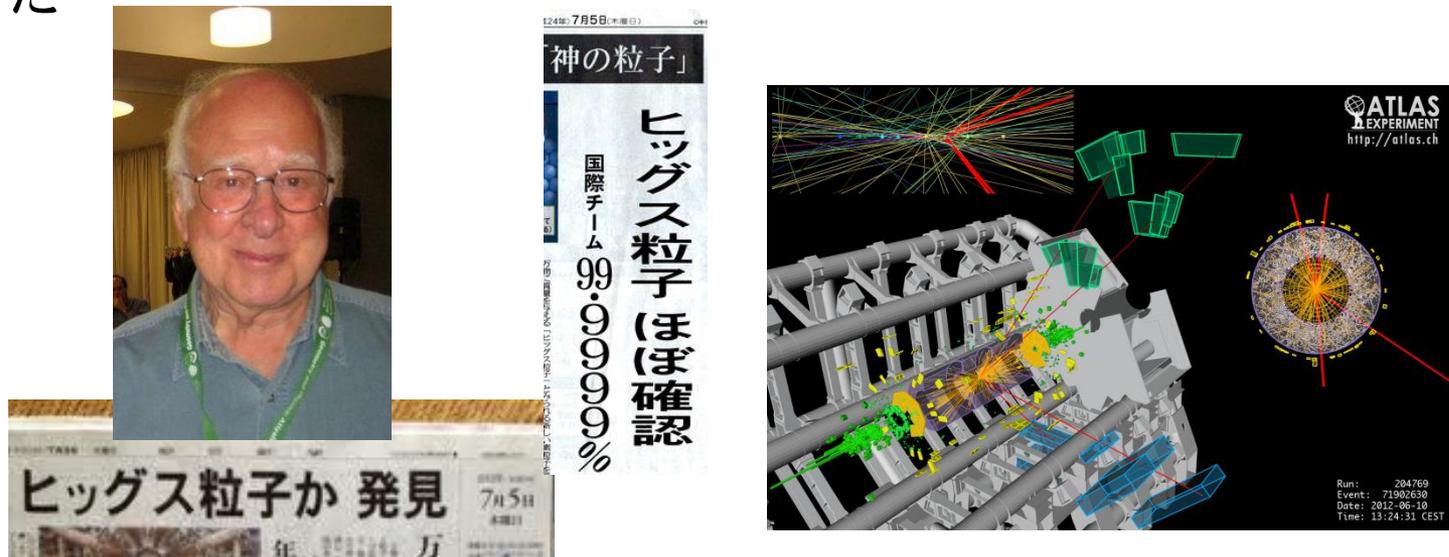
LHC加速器
一周27km (山手線と同じくらい)



ATLAS検出器
7階建てのビルと同じくらいの大きさ

● 2012年7月、ヒッグス粒子を発見！

- ヒッグス粒子は、ビッグバン直後に物質に質量を与えた粒子
- ピーター・ヒッグスが1964年に提唱して以来、長年に渡って探索されてきた



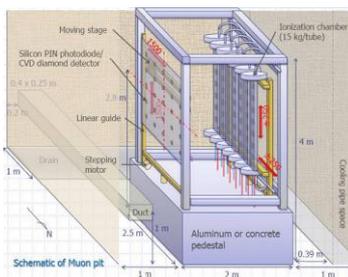
- ヒッグス粒子はどのような性質をもつのか？
- 他に素粒子はあるのか？
- 2015年から、13TeVにアップグレード！新物理の発見に期待！

- どの実験も、これからどんどん新しい現象にチャレンジしていく段階にある！
- もしかすると、世紀の発見ができるかも？



研究生生活のようす

実験装置の設計・開発



ビームラインでの建設作業

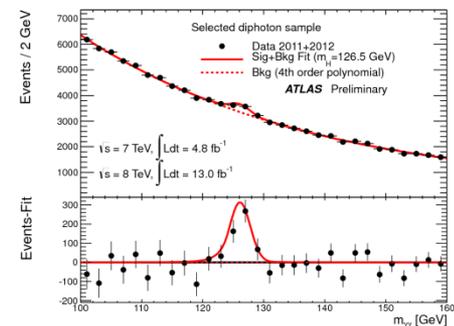
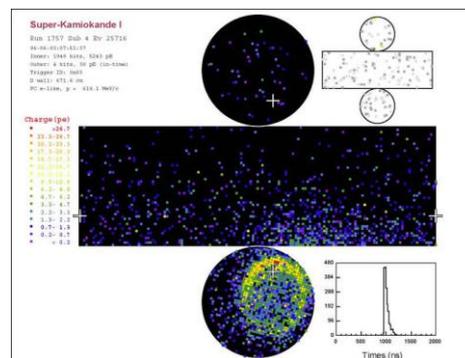


交代でシフトを組んでデータ取得



終わったら皆で打ち上げ

データの物理解析



- これらを、学生が中心になって進めている！

学部生のときに出来ること

- 1、2年生時・・・授業・自主ゼミ等で物理の基礎を学ぶ
- 3年生・・・課題演習
 - 実験を通して、素粒子実験に必要な基礎技術を習得する
 - 検出器の基礎
 - データ解析の基礎
 - 電子回路の基礎
- 4年生・・・課題研究
 - どんな実験をやりたいか、学生が自分で決めて実行する
 - 自主性＝京大理学部ならではの魅力！



さいごに

- 京大高エネ研の院生だけど、何か質問ある？
- 学生生活のこと、研究のこと、、、何でも聞いてください！