エネルギーフロンティアLHC実験
＋
光と原子で拓く新しい素粒子実験
LHC加速器
浅井研究室

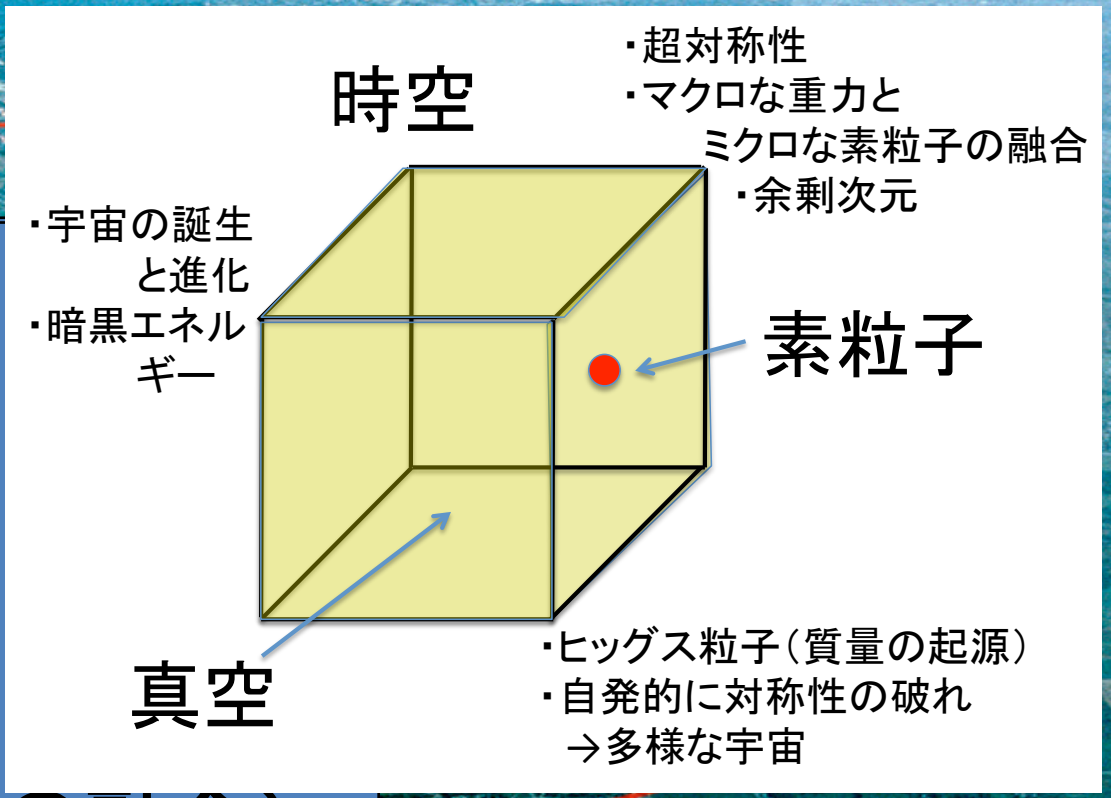
エネルギーフロンティアLHC実験

＋

光と原子で拓く新しい素粒子実験

何の組み合わせ？

**従来の「素粒子」研究から一歩進んで**
**真空・時空「容れもの」の研究**
**→ミクロな重力**
**（量子力学＋一般相対論の融合）**



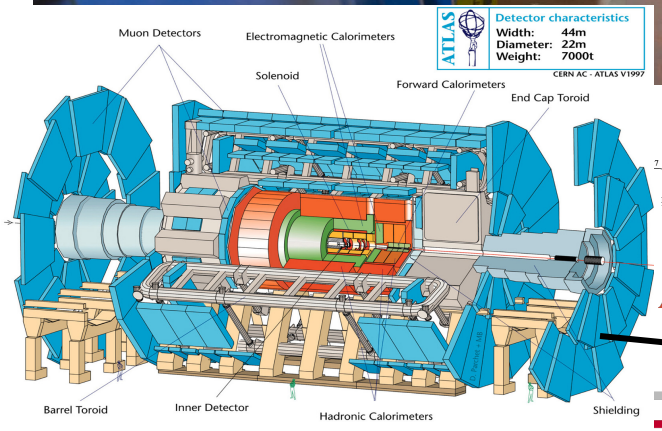

浅井研究室

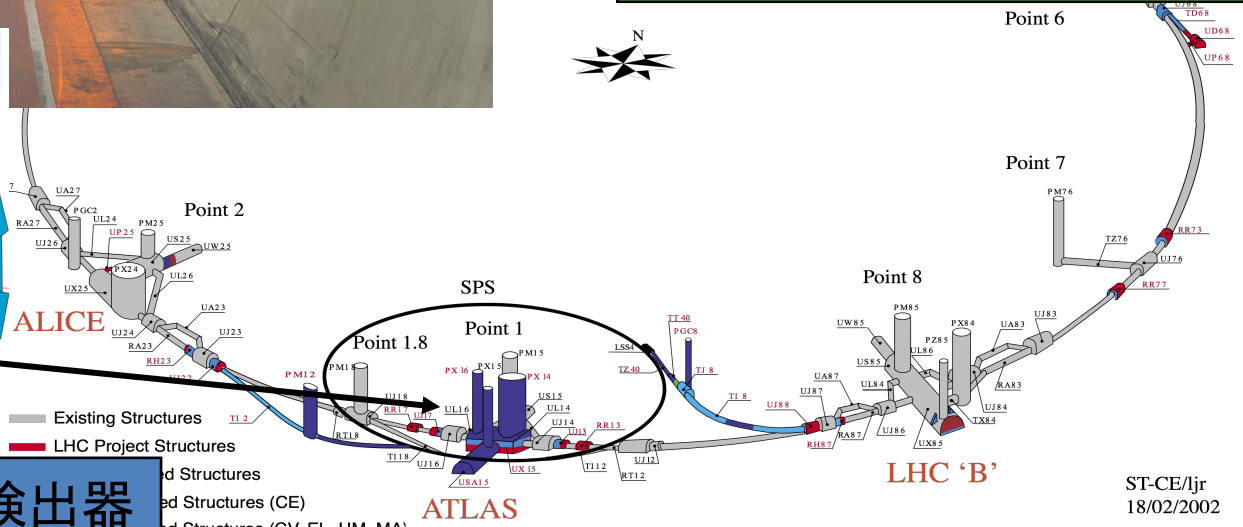
量子重力、アブナイ奴だな

# 世界最高エネルギーLHC実験での研究：日本の中心研究室

日本研究者の代表

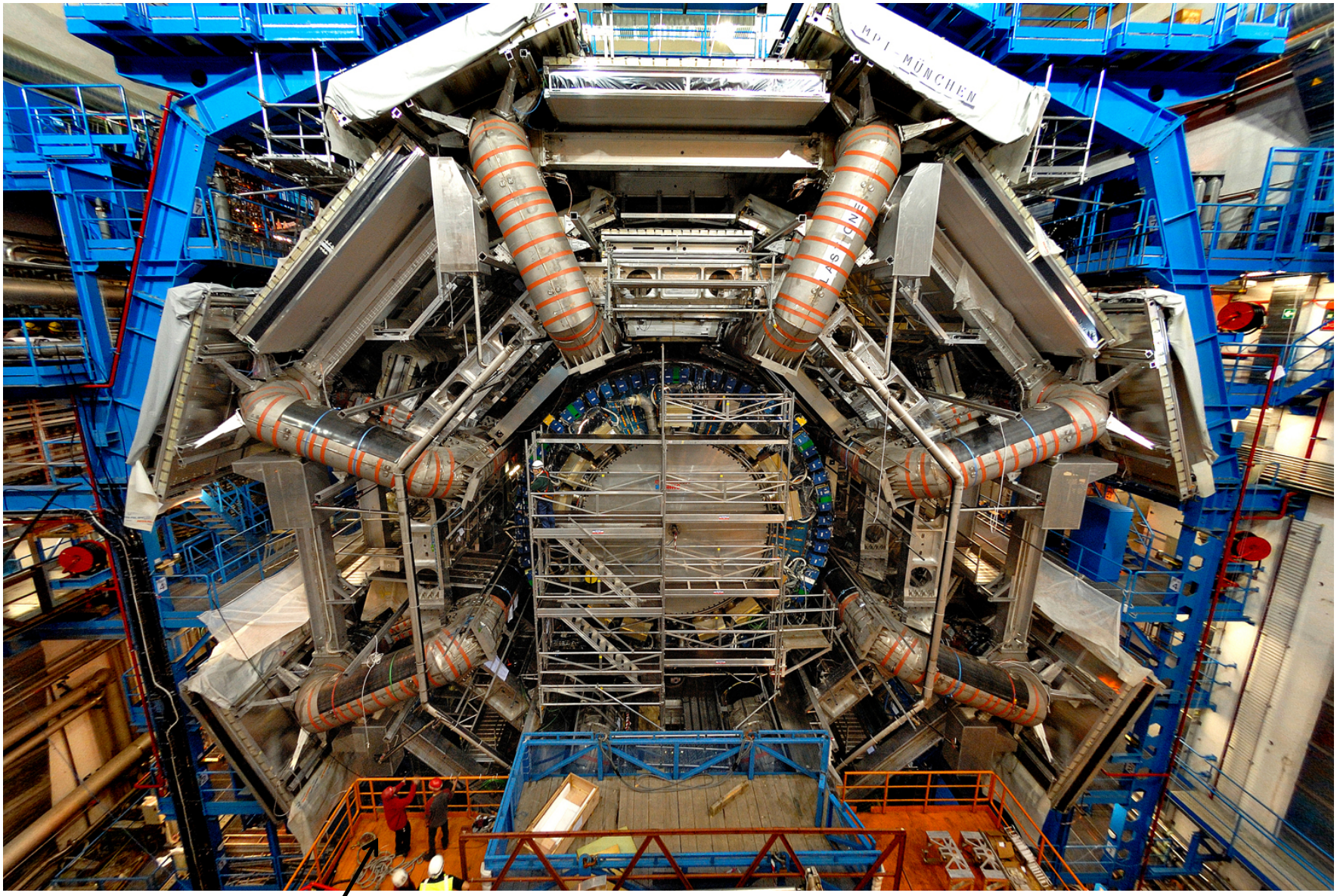
一周27 km　地下トンネル，超伝導磁石
陽子を超高エネルギーまで加速・　衝突させる。
ヒッグスや超対称性を研究




衝突する場所にATLAS検出器を置いて反応を調べる

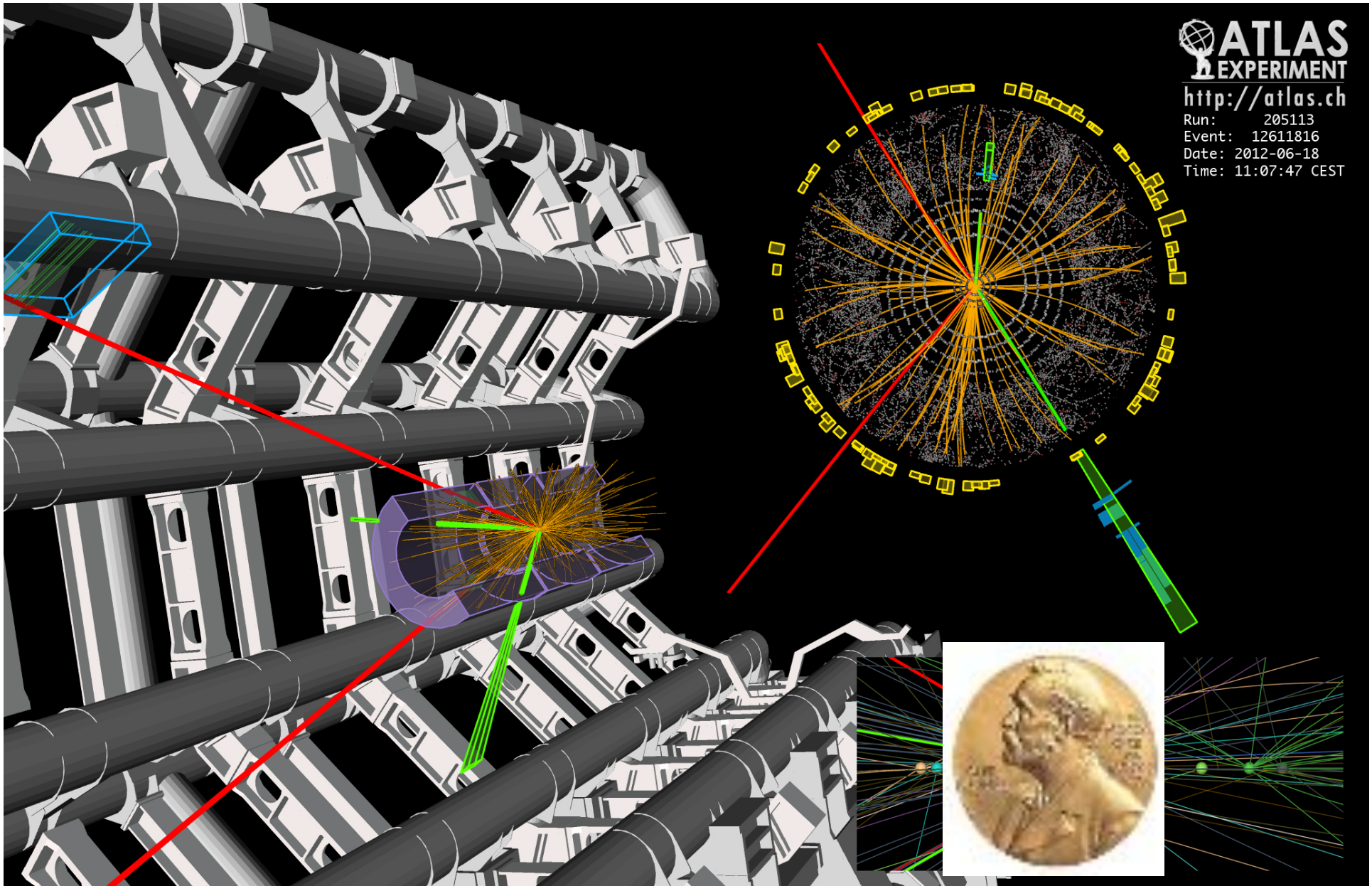
# 起こった反応を捕らえるATLAS検出器




人間

直径22m　長さ44m　　1.6億チャンネル高性能

# ヒッグス粒子発見！

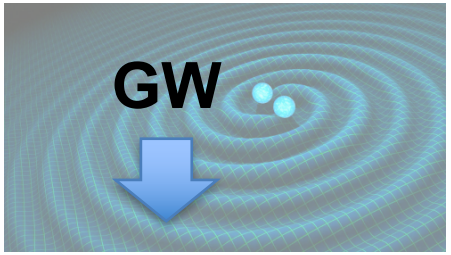

ATLAS
EXPERIMENT
http://atlas.ch
Run: 205113
Event: 12611816
Date: 2012-06-18
Time: 11:07:47 CEST

# ヒッグスや重力波の発見 → 時空や真空がターゲット

量子力学
一般相対性理論
の融合
**（21世紀の物理）**

ミクロとマクロの
融合

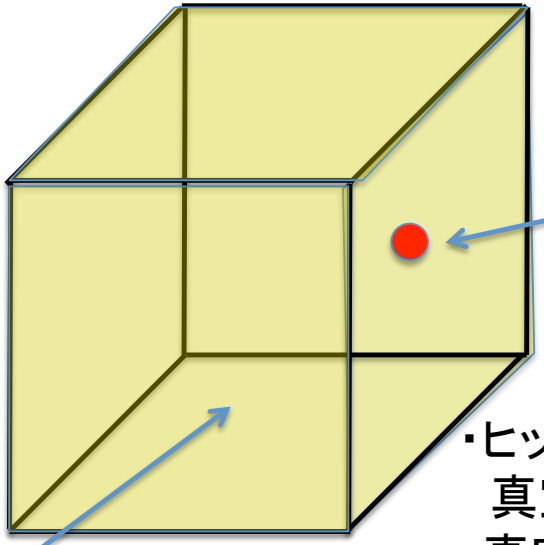
**LHC（ミクロ）**
エネルギー
フロンティア
**光（マクロ）**
**ハイパワー**
**高精度**
フロンティア




**時空**

・超対称性粒子
・マクロな重力と
ミクロな素粒子の融合
・余剰次元と超統一

・宇宙の誕生
と進化
・暗黒エネル
ギー



**素粒子**

・ヒッグス粒子を使って
真空の構造を解明
・真空の相転移
・素粒子の世代

**真空**(ヒッグス場など)

**Higgs Boson**

# ヒッグス粒子発見が意味すること

## 1） 真空が空っぽではない

バンドラの箱をあけたヒッグス粒子発見

これまでの素粒子と
全く違うタイプ（第3極）

物質を形作る素粒子
クォーク・レプトン

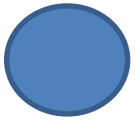
力を伝える素粒子
ゲージ粒子

質量を生み出す
真空：ヒッグス場　　宇宙全体にひろがっている

ミクロな場：宇宙全体（マクロ）の広がっている。

インフレーションのタネ？
こんな恐ろしいものが、おイタせずに存在している！！！

ヒッグスはヤバい



水素原子のサイズ
の中に

水素原子$10^{12}$個分
のエネルギーの
変なものが
つまっている

→　**新しい物理原理が必要**

新しい原理？　超対称性が有力

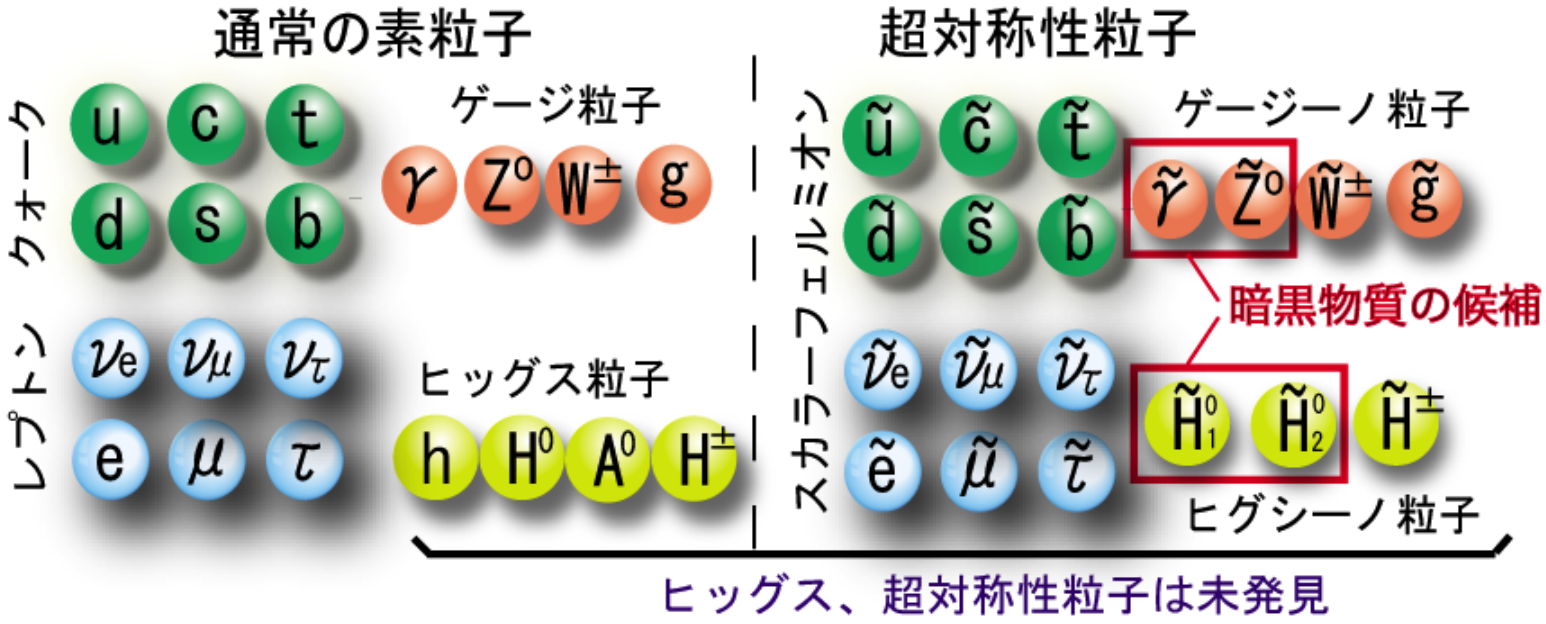
## (2) 時空の研究：超対称性粒子

「力の大統一」や「暗黒物質」

スピン：素粒子から空間がどう見えているか？ S=½ 2回転対称 vs S=0,1

時空の対称性と素粒子のもつ対称性を融合する：超（ちょー）対称性

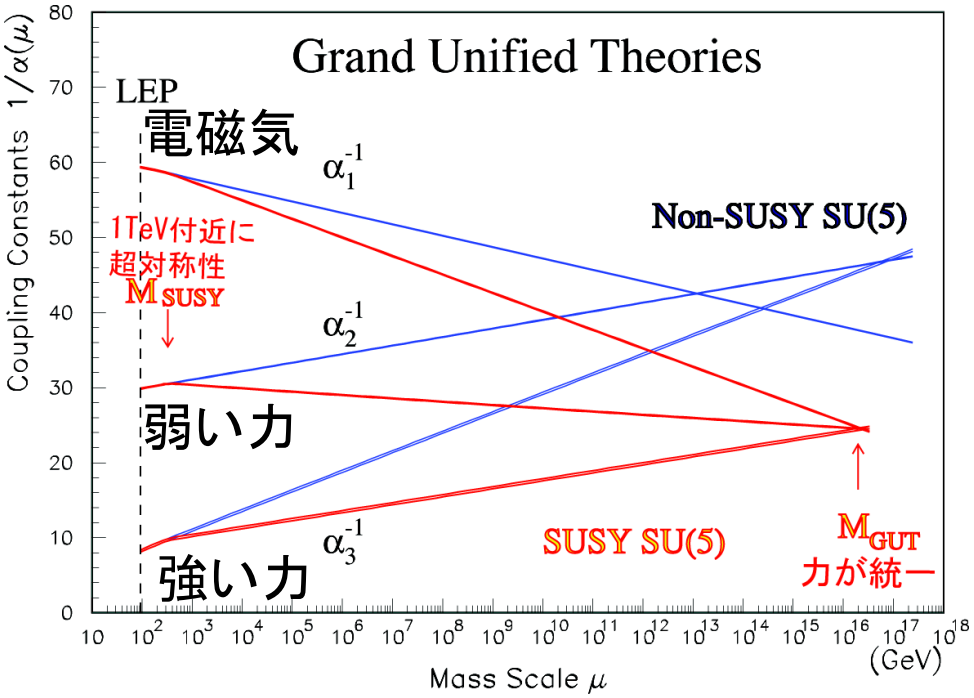
4次元？




**LHCの今からのメイントピックス**

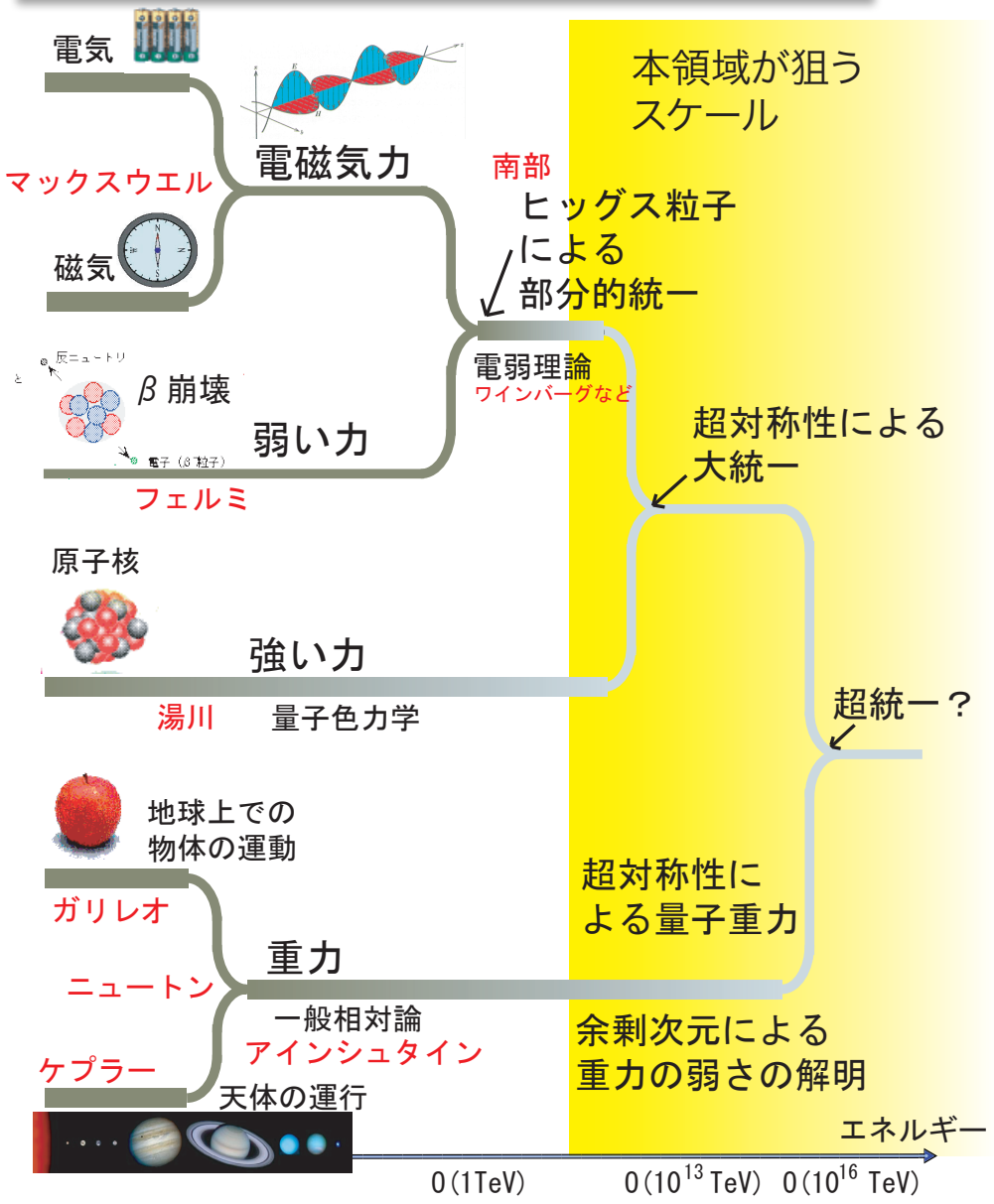
# 大統一・超統一

力の強さは、どんな種類の
粒子がいるかで変化する。
“超”粒子がいると、、



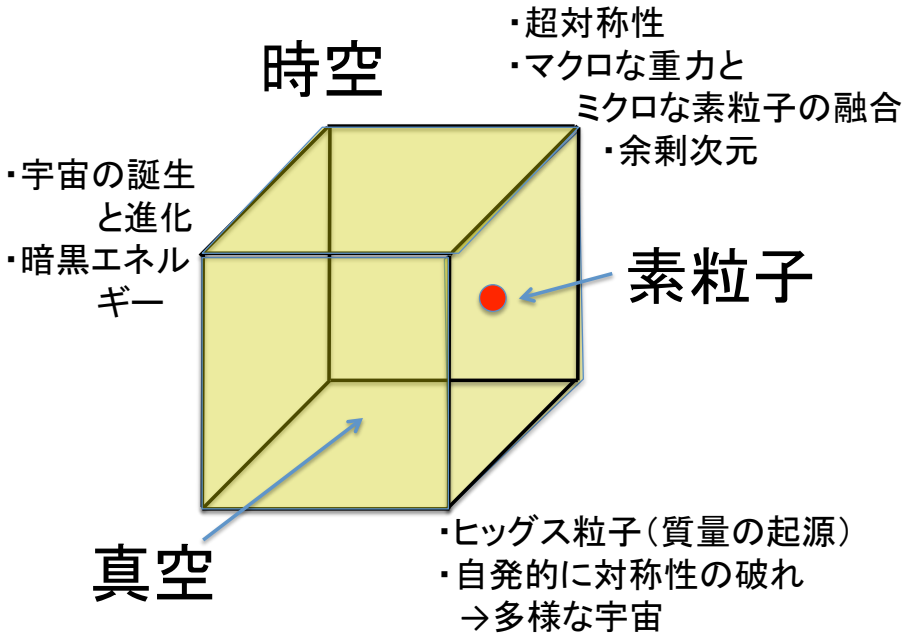

**3つの力がひとつだった！**

# 物理学は統一の歴史そのもの



# 本研究室が目指す物理

（1）ヒッグス粒子から
　　真空の構造の解明
（2）超対称性粒子の発見
　　時空と素粒子の融合
　　「力の大統一」の実現
　　「暗黒物質」の解明




LHC/ATLAS実験での研究を行う
エネルギーフロンティアの本家
（素粒子物理国際研究センター）

東大
博士課程院生：～10人
スタッフ：～10人
私も 30%　CERNに存在

CERN組

LHCがやりたい！！
「浅井、石野、田中」

何の話か分からないって人も
安心してください

東京大学
素粒子物理国際研究センター
International Center for Elementary Particle Physics
The University of Tokyo

# 学部生向け特別セミナー

## 世界最高エネルギーLHC加速器実験「アトラス」
## 最先端「加速器素粒子実験」を知ろう！

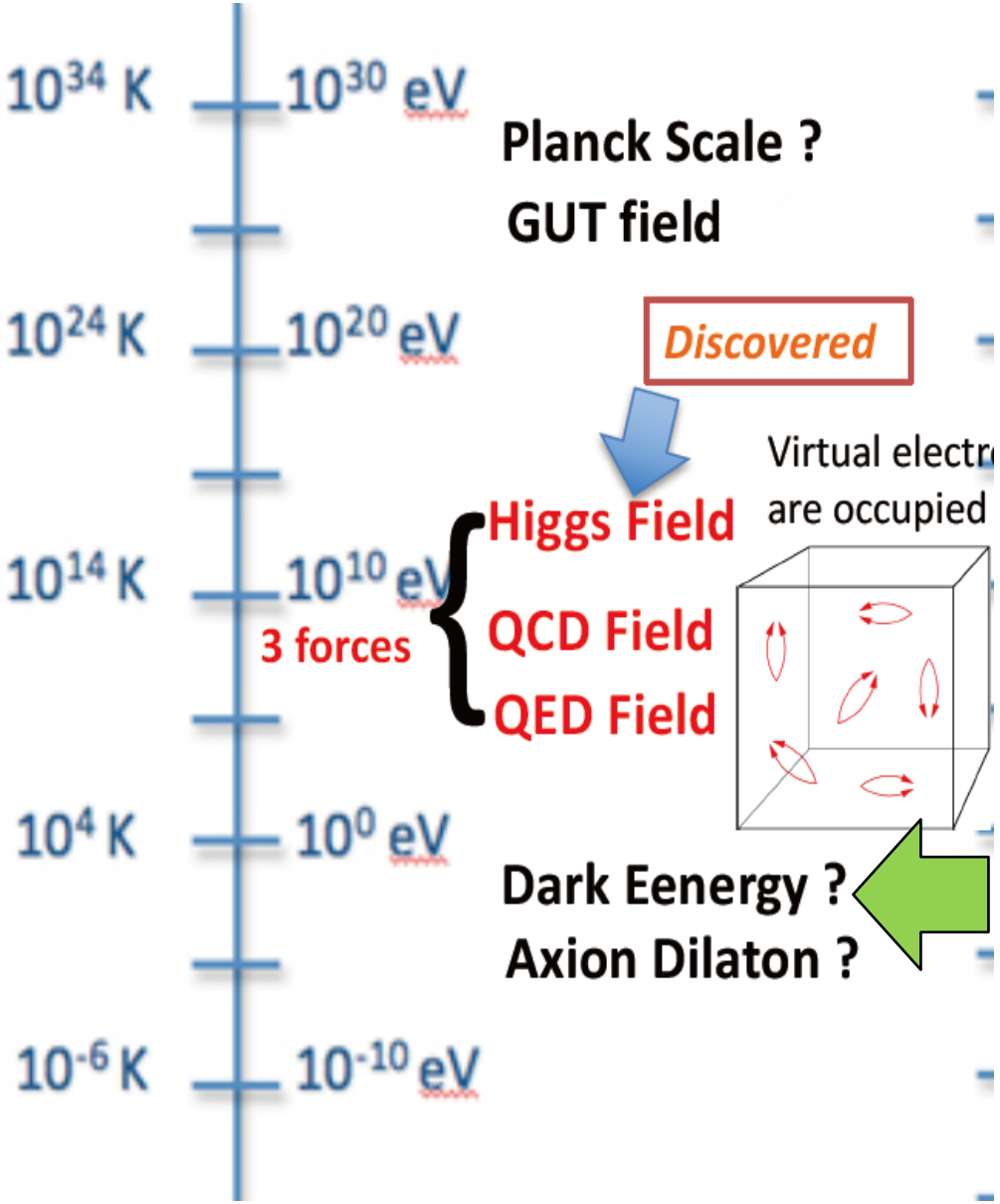
日時：6/5, 6/12, 6/19(月) 16:50-18:35(5時限目)
場所：理学部1号館10階1017号室
学部生、大学院生、学内外問わず大歓迎

6/5 「ヒッグス物理と余剰次元」
田中純一（素粒子物理国際研究センター・准教授）

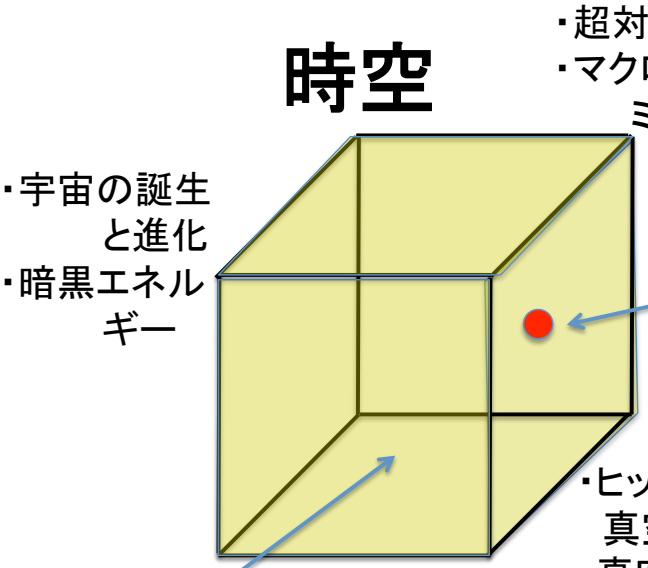
6/12「超対称性の発見をめざして」
浅井祥仁（理学系研究科物理学専攻・教授）

6/19 「標準模型をこえる：新粒子探索と最先端の加速器・検出器の技術」
石野雅也（素粒子物理国際研究センター・教授）

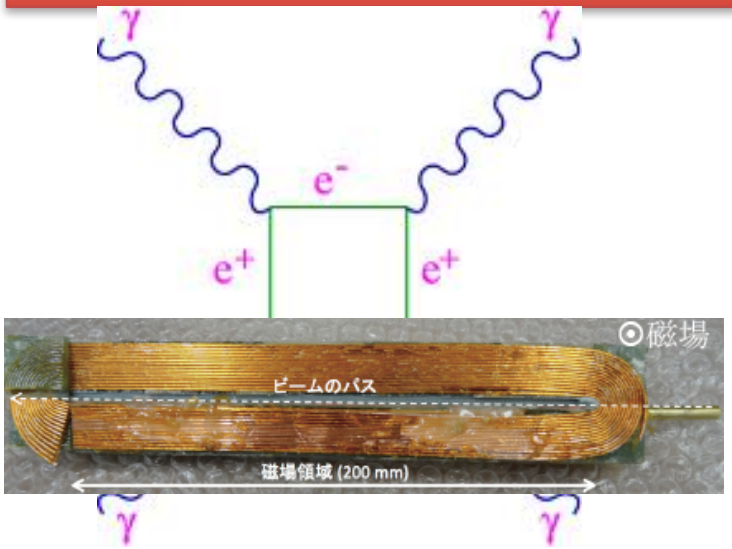
# ヒッグス場以外の真空に隠れた場・ミクロな重力




素粒子と重力

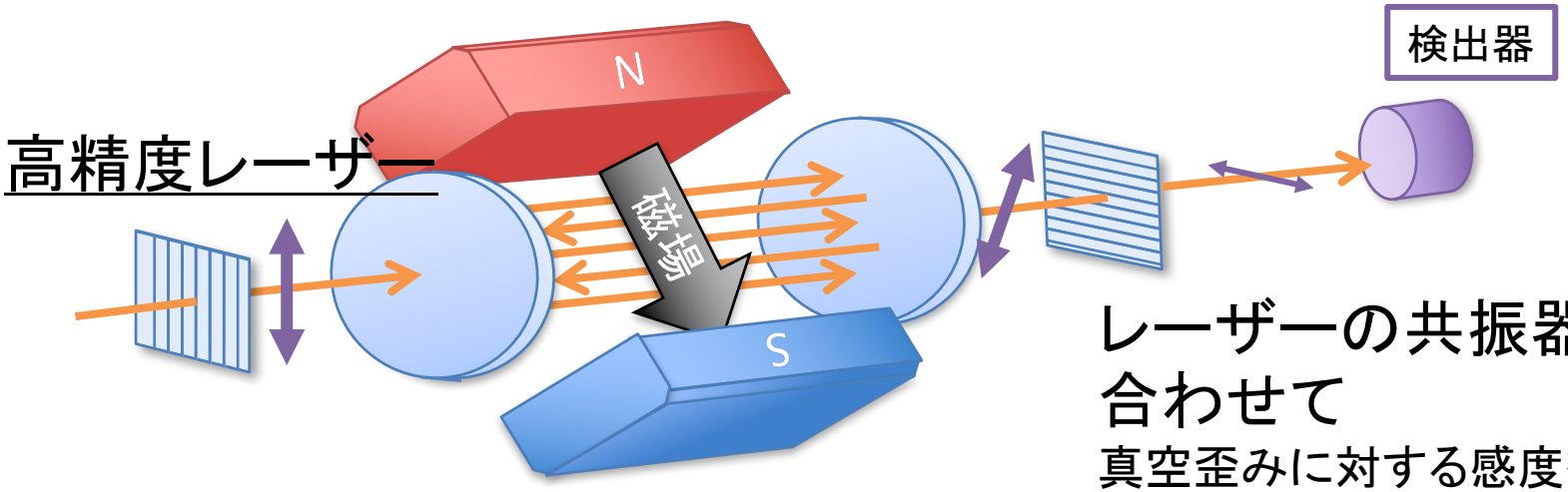


# (A)最強パルス磁場を用いた光素粒子実験　その1



パルス磁石

**強磁場で真空をわずかに歪ませる**

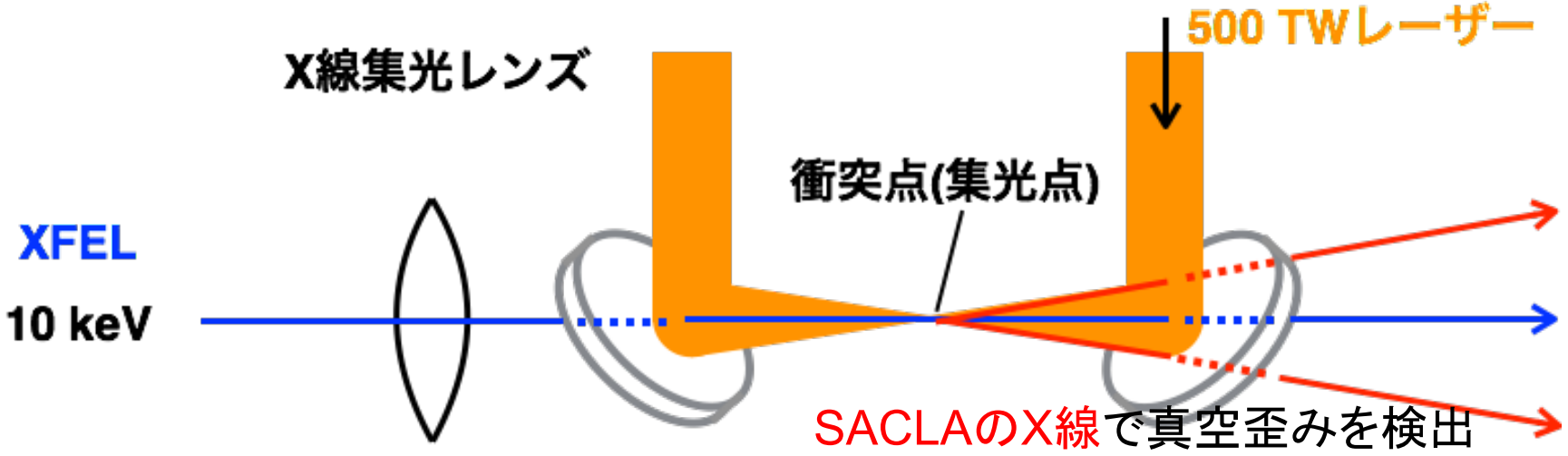


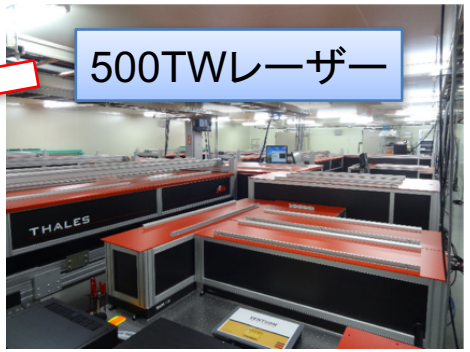

レーザーの共振器を組み合わせて

真空歪みに対する感度を上げる

# (B)最高強度X線光源　強力レーザー　を用いた　光素粒子実験　2)

高強度レーザーの場で真空を歪ませる

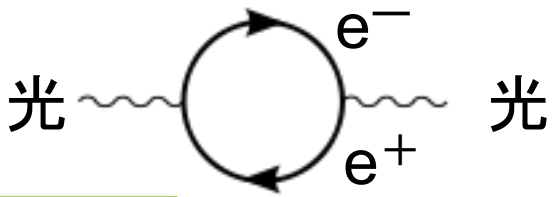




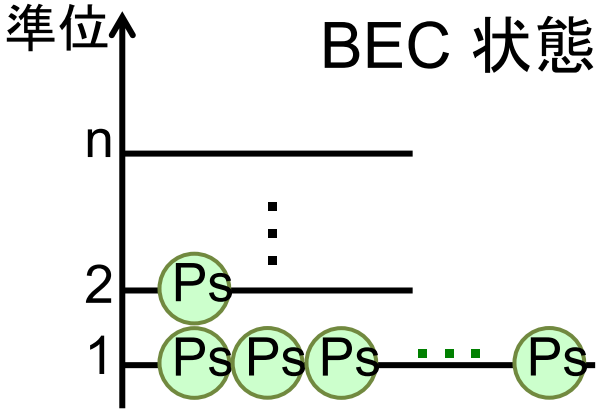

SACLA(播磨)にて、最初のテスト実験遂行
レーザーの強度を上げて真空の歪み観測へ

# (C) ポジトロニウム(Ps)のボーズアインシュタイン凝縮

電子と陽電子が作る一番軽い"原子"




レーザー冷却

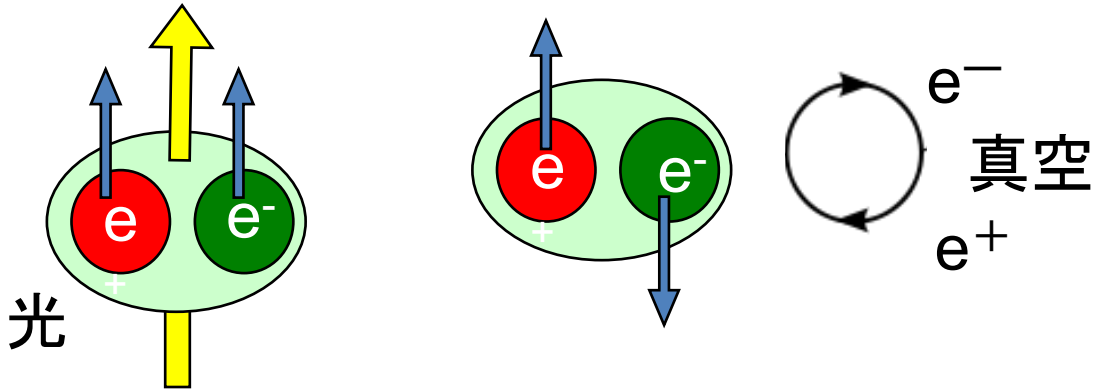



BEC 状態に

1)反物質を含む
2)太った光や真空

3重項状態
½ + ½ = 1

1重項状態
½ - ½ = 0




オルソポジトロニウム

**光(スピン1)の(励起)状態**

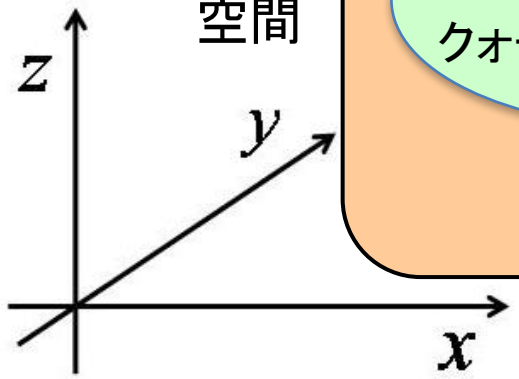
パラポジトロニウム

**真空(スピン0)の(励起)状態**

BECできれば、
反物質との対称性の研究(重力とか)
ガンマ線レーザー実用化

# 素粒子と重力

4次元時空＋SPIN
空間




物質を形作る素粒子
クォーク･レプトン

力を伝える素粒子
ゲージ粒子

真空:ヒッグス場
弱い力の電荷のプール

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R\, g_{\mu\nu} + \Lambda\, g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

アインシュタイン方程式

→ 量子論に調和させる

3つのターム

1)曲率R

R: スピンで同じか？
R: 1つしかないか？ (double metric) 等価原理の破れ
R: 連続か？ ローレンツ不変の破れ (Planck scale level? )
R: 量子もつれの意味

X線の大型干渉計

PsのBEC

2) 宇宙項 Λ

これが大問題 → Tμν と関係

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R\, g_{\mu\nu} + \Lambda\, g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

2) 宇宙項 Λ

$\Lambda_{observed} = (10^{-3}\ eV)^4$

$\Lambda_{Higgs} = (10^{12}\ eV)^4$

$\Lambda_{GUT} = (10^{25}\ eV)^4$

$10^{60}$

$10^{112}$

3) エネルギー・
運動量テンソル T

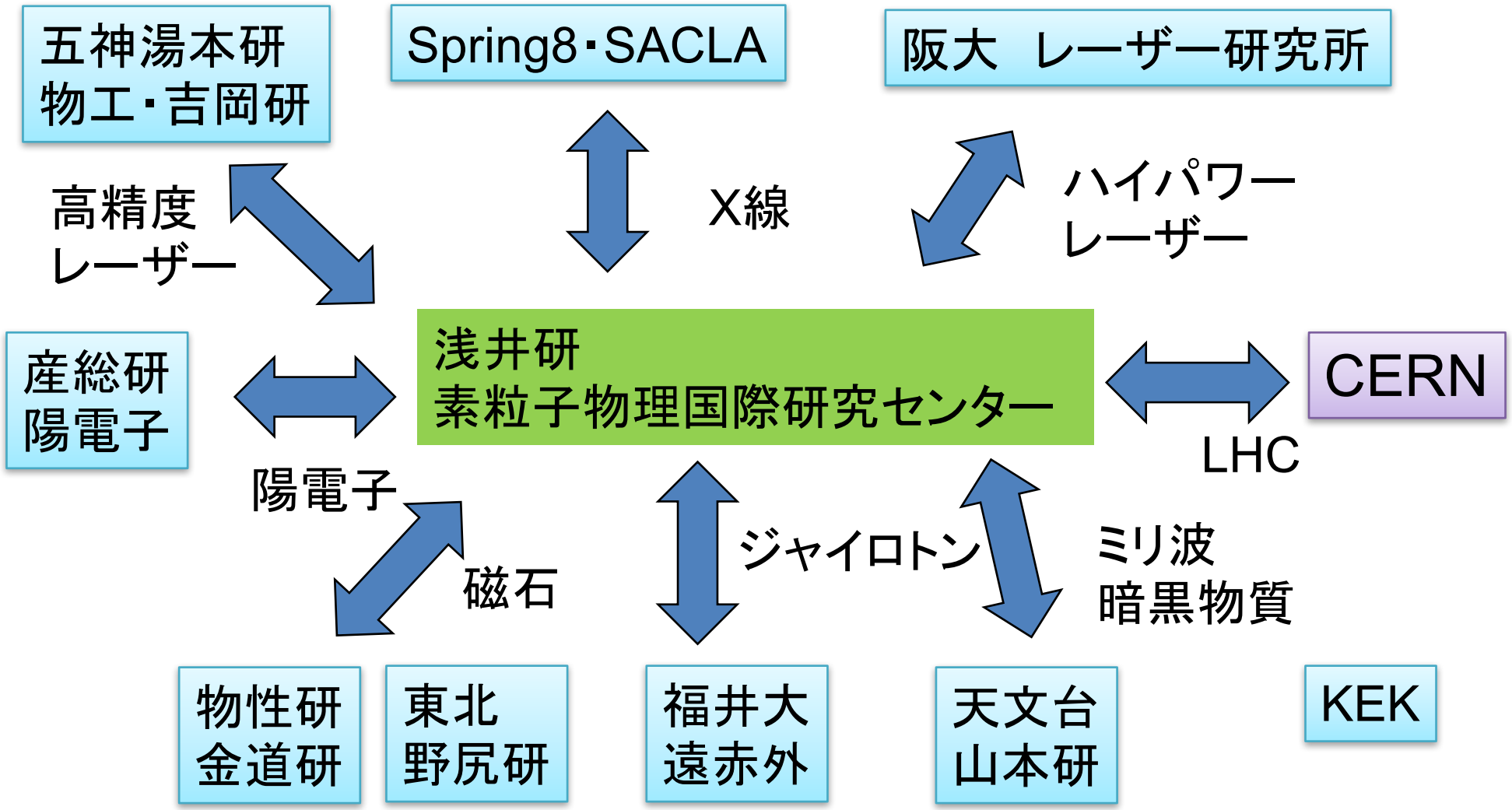
ヒッグス場
や仮想電子の場は
Tμν？？
ミクロには
何がTを作るのか？

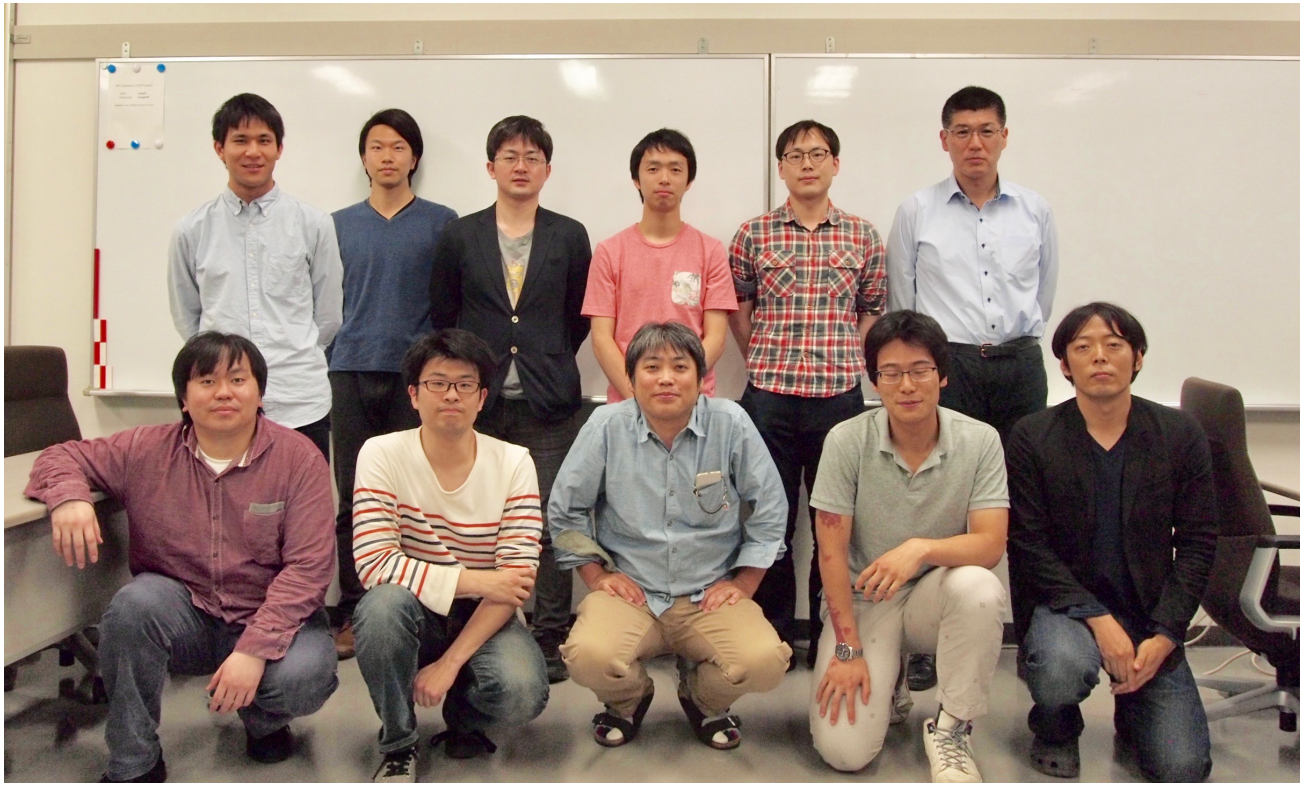
光の場はTを作るのか？
Tは光の何に比例するのか？

ミクロな真空や場　と　マクロな時空　のインターフェース
一般相対性理論と量子力学の融合：

# 研究のアライアンス

世界最高の技術を
持ったグループと
組んで新しい実験





（東京組）

修士課程の間は、東京をベースに
LHC物理解析・新しいミューオン検出器開発をやっても
光関係の小実験　もちろん両方やってもOK

**手厚い教育（おおくのスタッフでサポート）**

(1) 輪講
(2) 新しい実験アイデアをみんなで考える論文輪講
(3) レギュラーmeeting:(研究の進捗を見ていろいろ皆で考える）

# 自然科学は実験で実証されてナンボ

「学生実験面白くなかったな、、」と心配する皆さん （私もそうでした）

## 実験の醍醐味　三カ条

一人一実験

(1) 自分で提案する。
　こんな新しい方法で、実験出来ないか？
　こうした面白いことできないか、、アイデアをもっておく。
　自分で新しい実験を提案する。

(2) 自分でいろいろ試みながら新しい装置を作る。
　実験装置を自分で実験に最適になるように製作。

My Proposal
My Experiment
My Results

(3) ドキドキしながらデータを見る。
　答えの解っている実験はしません。新しい実験、だれもしてない実験

詳しく聞きたい人は

今日の16:40
素粒子センター
ガイダンス　1017

東京大学素粒子物理国際研究センター

# 大学院進学ガイダンス 2018

**日　時**

平成29年5月26日(金) 17:00～18:00
平成29年5月27日(土) 16:40～19:00

**場　所**

東京大学 本郷キャンパス
理学部1号館　西棟10階　1017号室
（素粒子物理国際研究センター会議室）

**内　容**

ICEPP概要・教員紹介／LHC-ATLAS実験・MEG実験・ILC計画・Tabletop実験紹介／大学院生活紹介／教員・大学院生との懇談

物理学教室オープンラボ期間中の「素粒子物理国際研究センター研究紹介」もあわせてご参加ください
日 時｜平成29年5月26日（金）16:30～16:55　　場 所｜理学部1号館中央棟2階 233号室

**平成30年度修士課程入学試験**

【出願期間】平成29年7月3日(月)～7日(金)
【筆記試験】平成29年8月21日(月)数学・物理学／8月22日(火)英語(TOEFL-ITP)
【口述試験】平成29年8月31日(木)・9月1日(金)

問い合わせ先
東京大学大学院
理学系研究科等事務部
大学院担当
☎03-5841-4023

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO　ICEPP The University of Tokyo

東京大学素粒子物理国際研究センター
https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp