



**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

素粒子物理国際研究センター

+

浅井研

時間も限られているので、項目だけざっとお話しします。  
詳しくは、パラレルの方でお願いします。

# ICEPPの紹介

- 「理学部附属高エネルギー物理学実験施設設置」として、小柴教授を施設長として1974年に設立。
- **DASP実験、JADE実験、LEP/OPAL実験、LHC/ATLAS実験、MEG実験など最前線の素粒子物理学実験に参加。**
  - グルーオンの発見、電弱ゲージノの精密測定、素粒子の世代数の決定、ヒッグス粒子の発見などに貢献。
  - 現在は、CERN/ATLAS、MEG実験、ILC計画、テーブルトップ実験を行い、ヒッグスの測定や新物理探索を行う。
  - 量子コンピュータの素粒子研究への応用研究を開始。

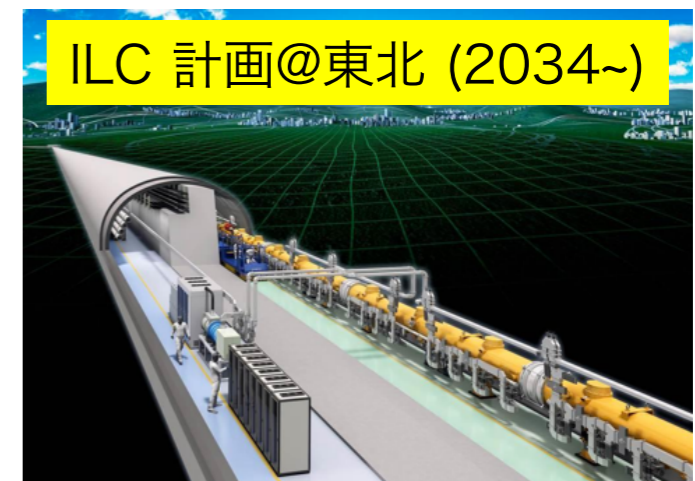
## エネルギーフロンティアハドロンコライダー

世界最高エネルギーでの陽子・陽子衝突  
未知の素粒子を直接「作って」発見する  
“暗黒物質生成”から“超対称性”、“余剰次元”に迫る！



## エネルギーフロンティアレプトンコライダー

世界最高エネルギーでの電子・陽電子衝突  
ヒッグスを超精密調査  
新物理のわずかな痕跡を捉える



4つの  
アプローチ

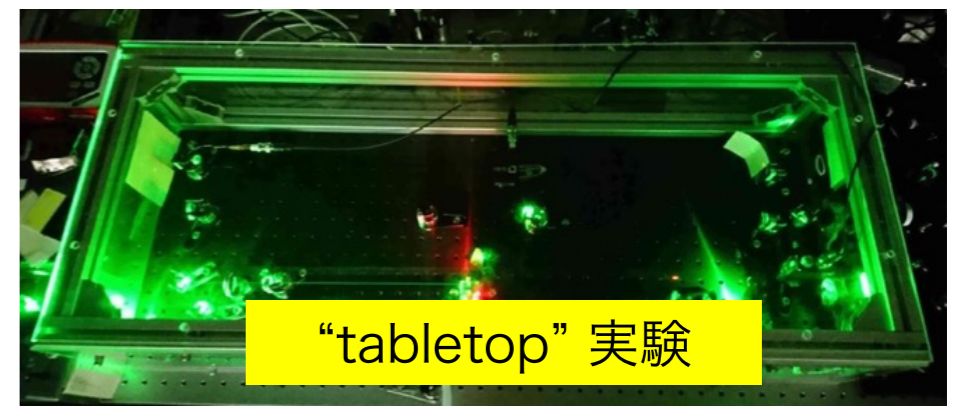
## インテンシティー (大強度) フロンティア

大量の $\mu$ 粒子を生成し新しい崩壊過程の発見から  
量子効果を通じ新物理を探る



## 使えるものは使う！多彩な実験手段

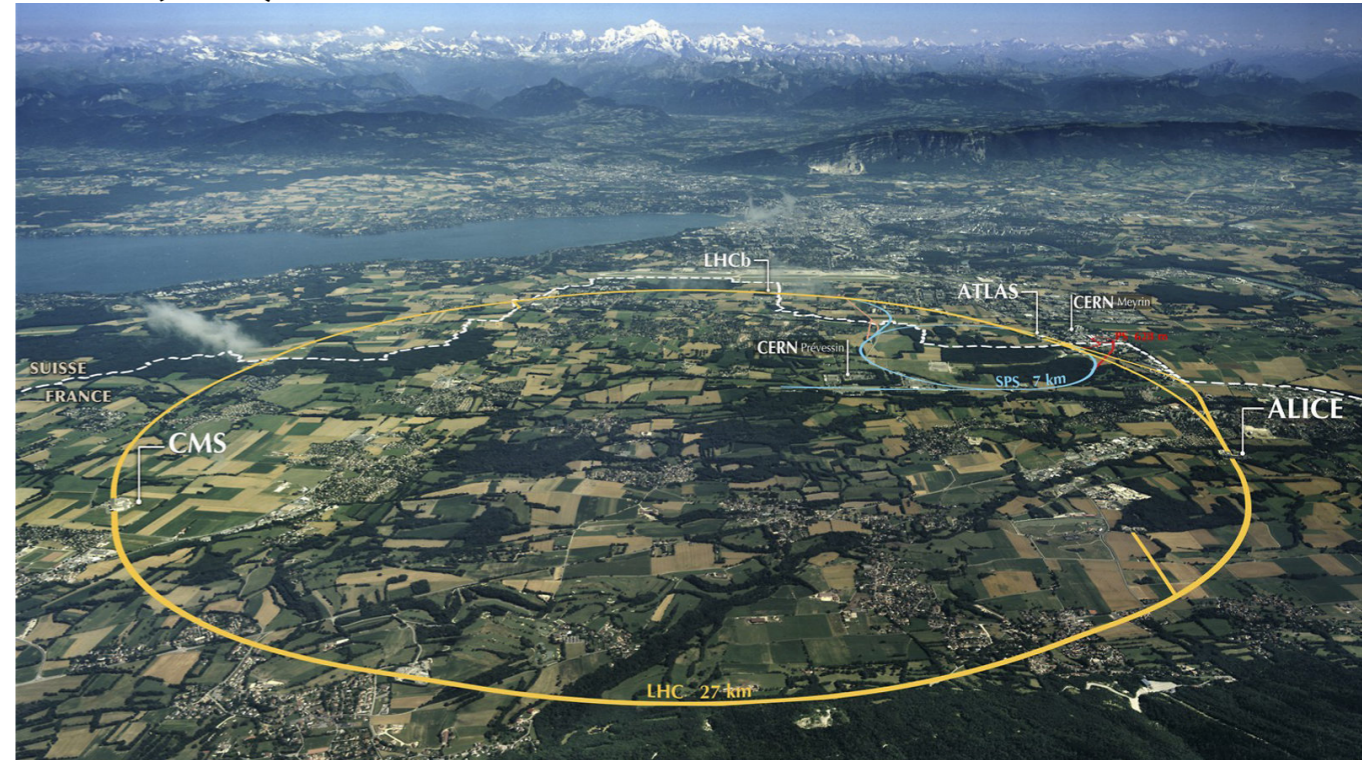
高輝度X線・レーザー・磁石で“真空を刺激”  
粒子・反粒子の新しい物質状態を作って調査  
ブラックホールもどきを調べる



# LHC/ATLAS実験

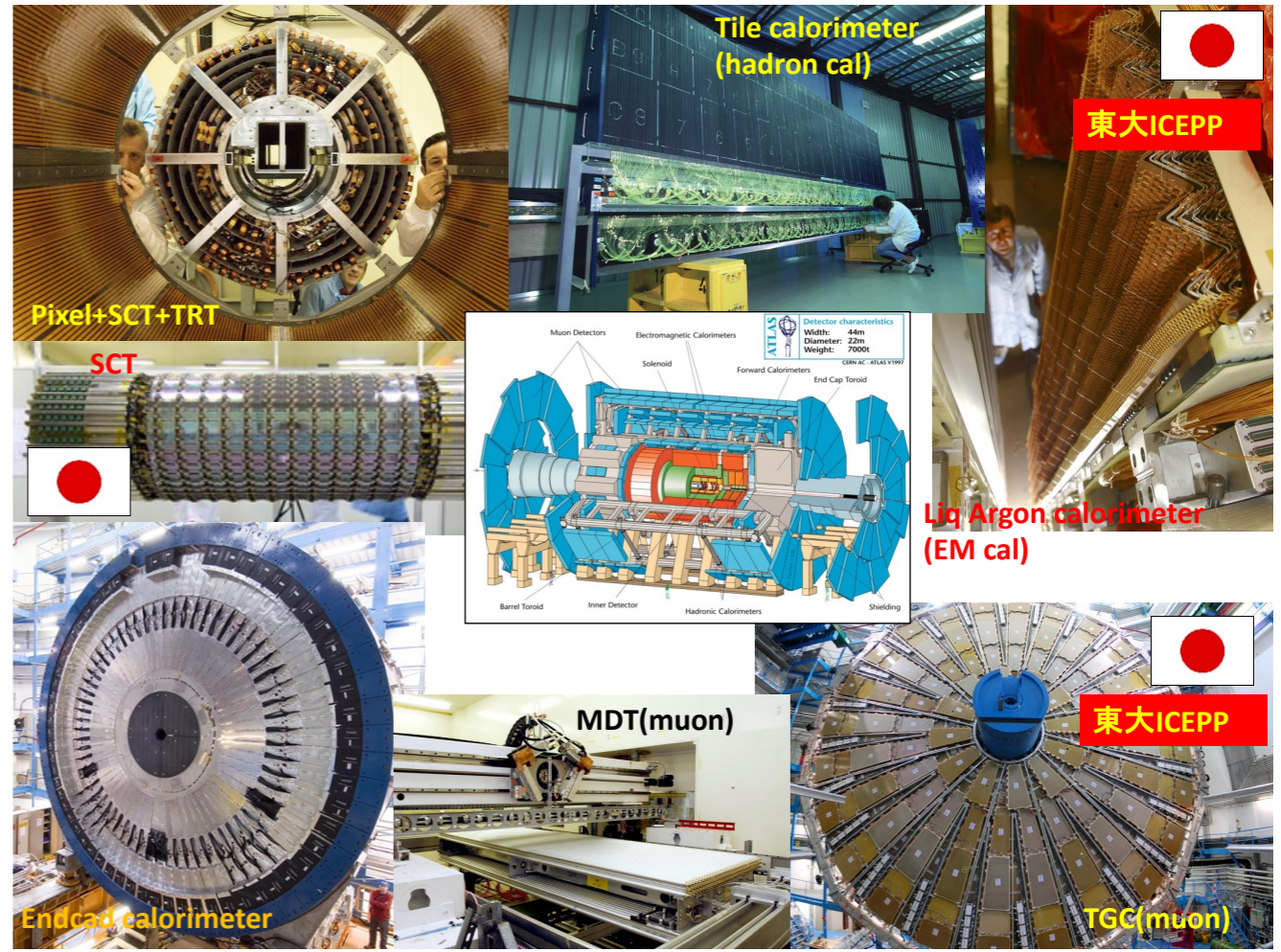
## LHC

- 世界最高エネルギー (13-14 TeV)での陽子ビーム衝突
- 約10年前にHiggs粒子を発見
- 2020年台中頃にHL-LHCへアップグレードして、2040年ぐらいまでデータ取得予定
- 現状、Higgs、top、W/Zボソンを作る唯一の加速器



## ATLAS

- 約3000人の最大規模の素粒子の国際共同研究
- 汎用検出器:
  - Higgs, top粒子などの重い粒子の測定
  - 新粒子探索
    - 超対称性、ダークセクター、暗黒物質候補、余剰次元、ブラックホール...
  - B中間子や光衝突などの標準理論の検証



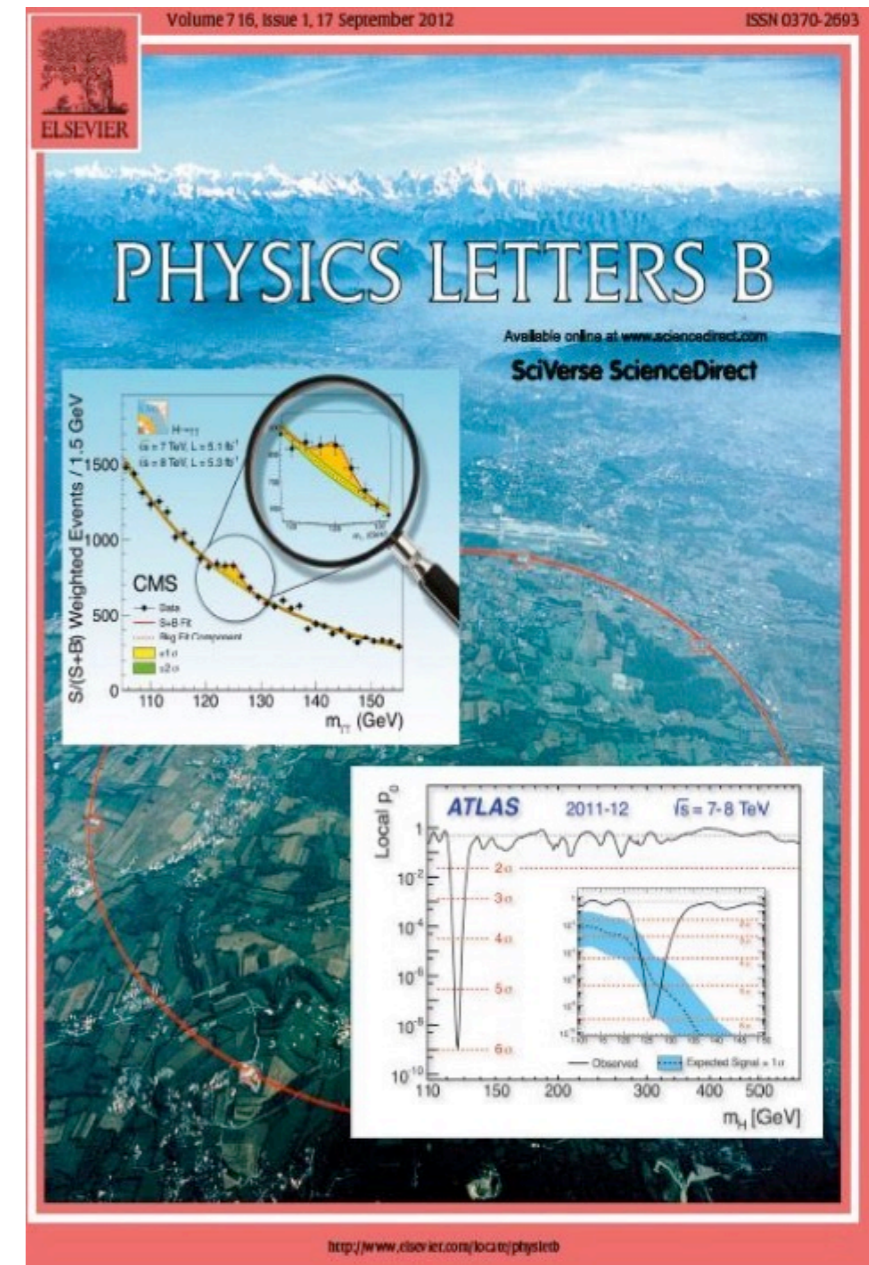
# 大学院での研究モデル

## 修士課程：2022-2023

- 「国際舞台で活躍するための腕を磨く」
  - 測定器開発や計算機技術の最前線で研究
    - 検出器の建設、インテグレーション、コミッショニング (統合試運転)、
    - ハードウェア開発研究
    - 量子・先端コンピューティングの研究

## 博士課程：2024-2026

- 「物理学の最先端と直結する研究活動」
  - 検出器システムを動かしてデータ収集
  - 新物理発見のための実験データ物理解析
  - CERN に長期間滞在して研究
  - 現地でセンターの教員の指導のもと活躍
  - 最先端の研究成果を論文として公表
  - 博士論文を執筆

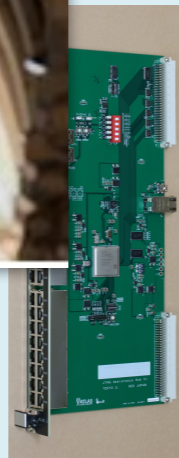
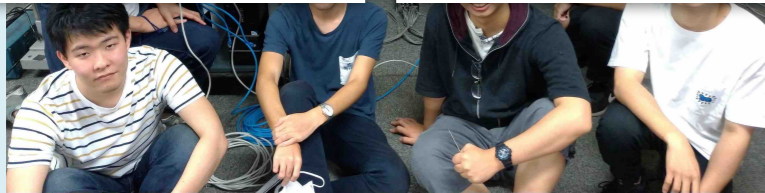




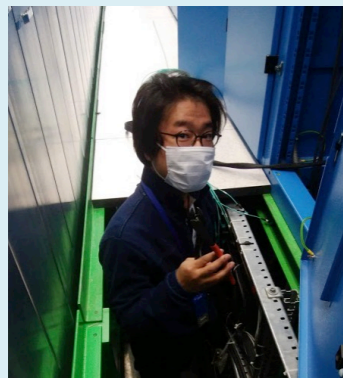
石野教授



奥村准教授



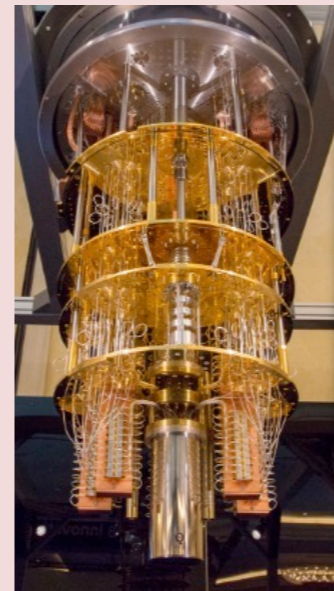
## 先端検出器・エレクトロニクス研究



Trigger Electronics 開発・実装  
大規模検出器システムの  
実装・安定運転の実現



国際的な研究環境で、  
最先端の物理実験を遂行し、  
広い専門性を身につけます。



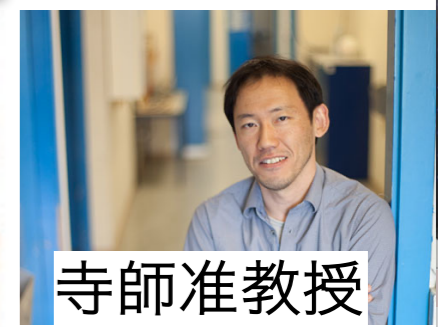
浅井教授



田中教授

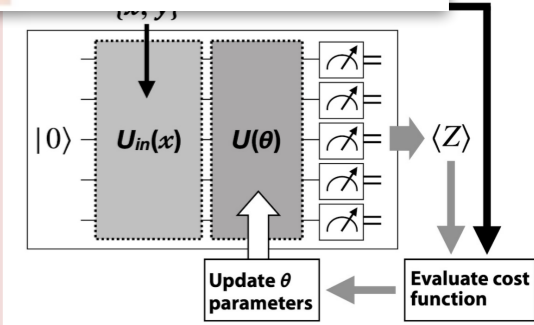


澤田准教授



寺師准教授

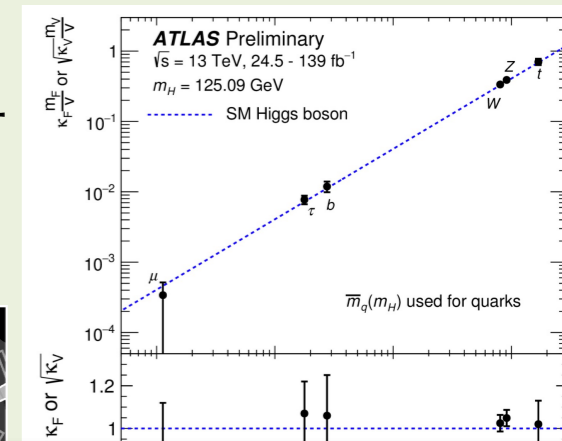
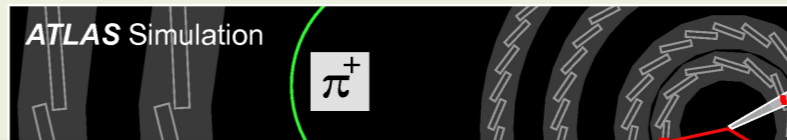
機械学習の素粒子実験への応用  
IBM 実機を用いた量子計算の  
素粒子実験への応用研究



## 先端コンピューティング・量子技術

## 物理データ解析

超対称性、余剰次元、新粒子  
ヒッグス粒子データの精査  
ビッグデータ解析・AI応用



浅井教授



石野教授



田中教授



奥村准教授

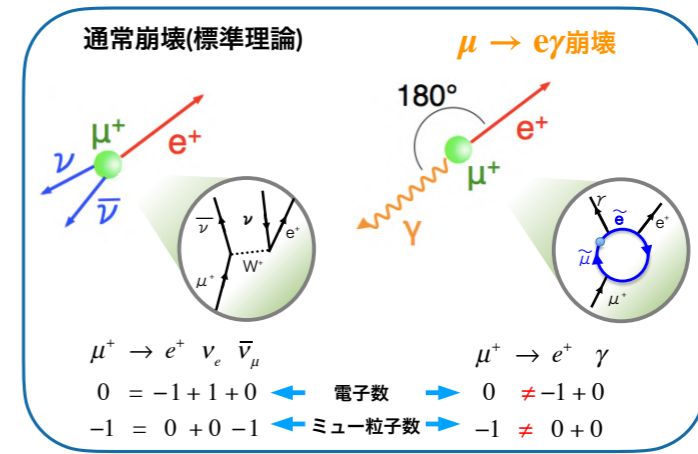


澤田准教授



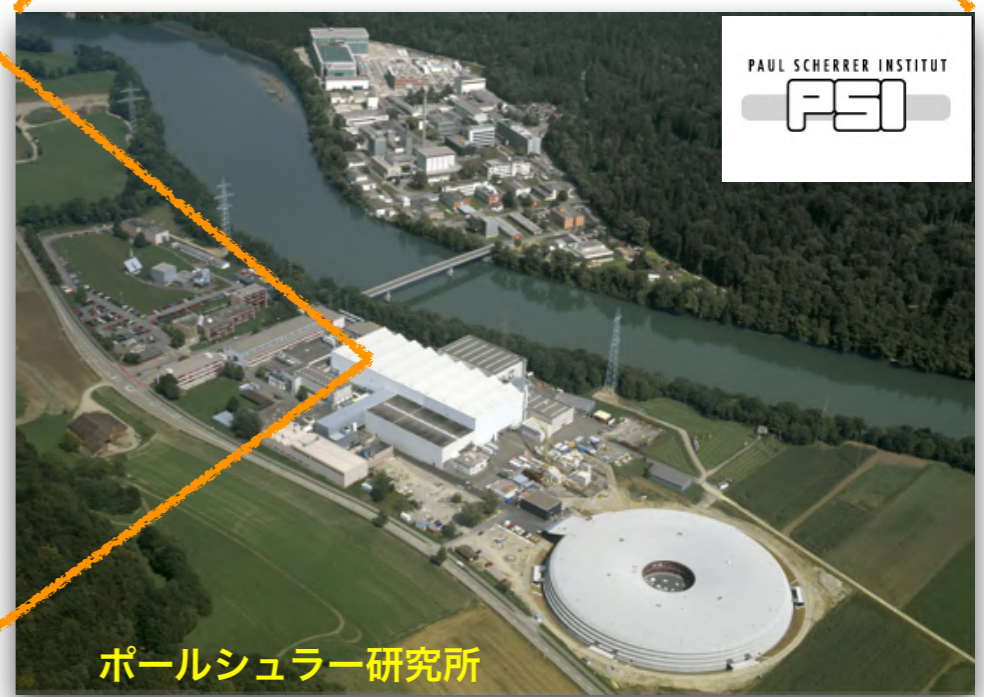
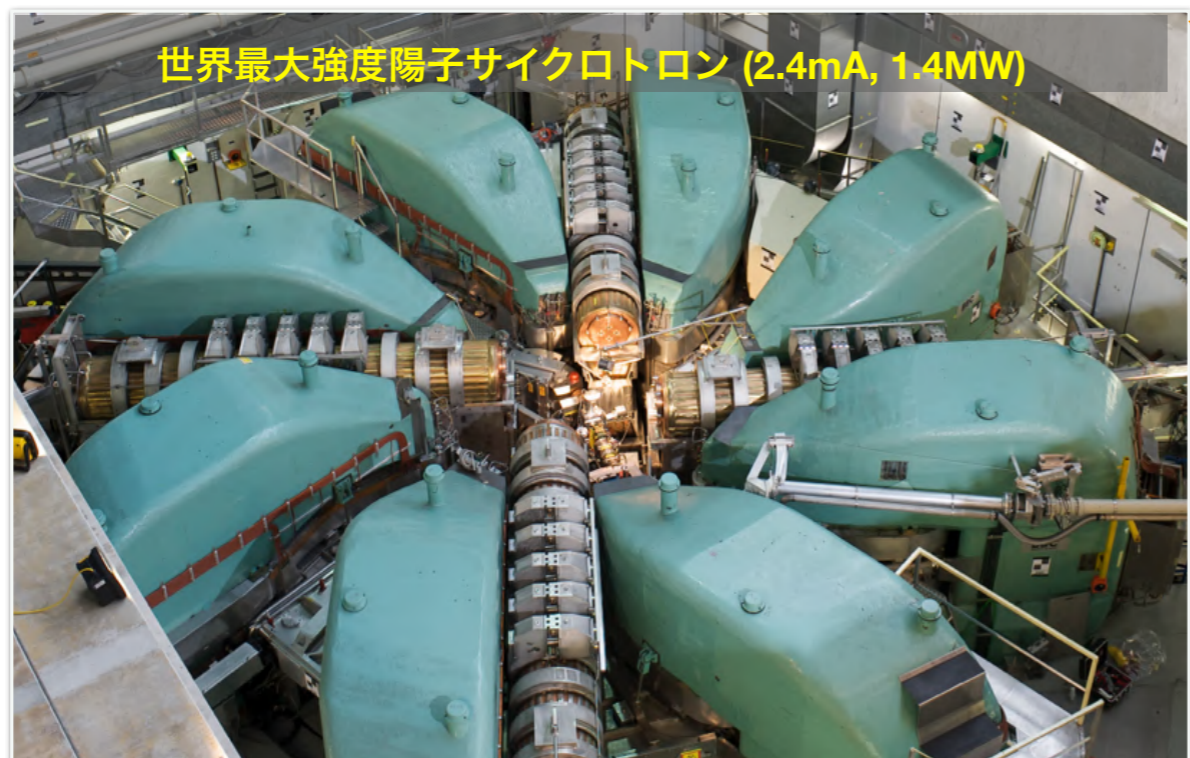
寺師准教授

# MEG実験



## スイス・ポールシュェラー研究所(PSI)

- 世界最大強度のミュー粒子源(毎秒 $10^8$ 個以上!)
- MEG実験の世界最高感度を実現できる唯一の場所



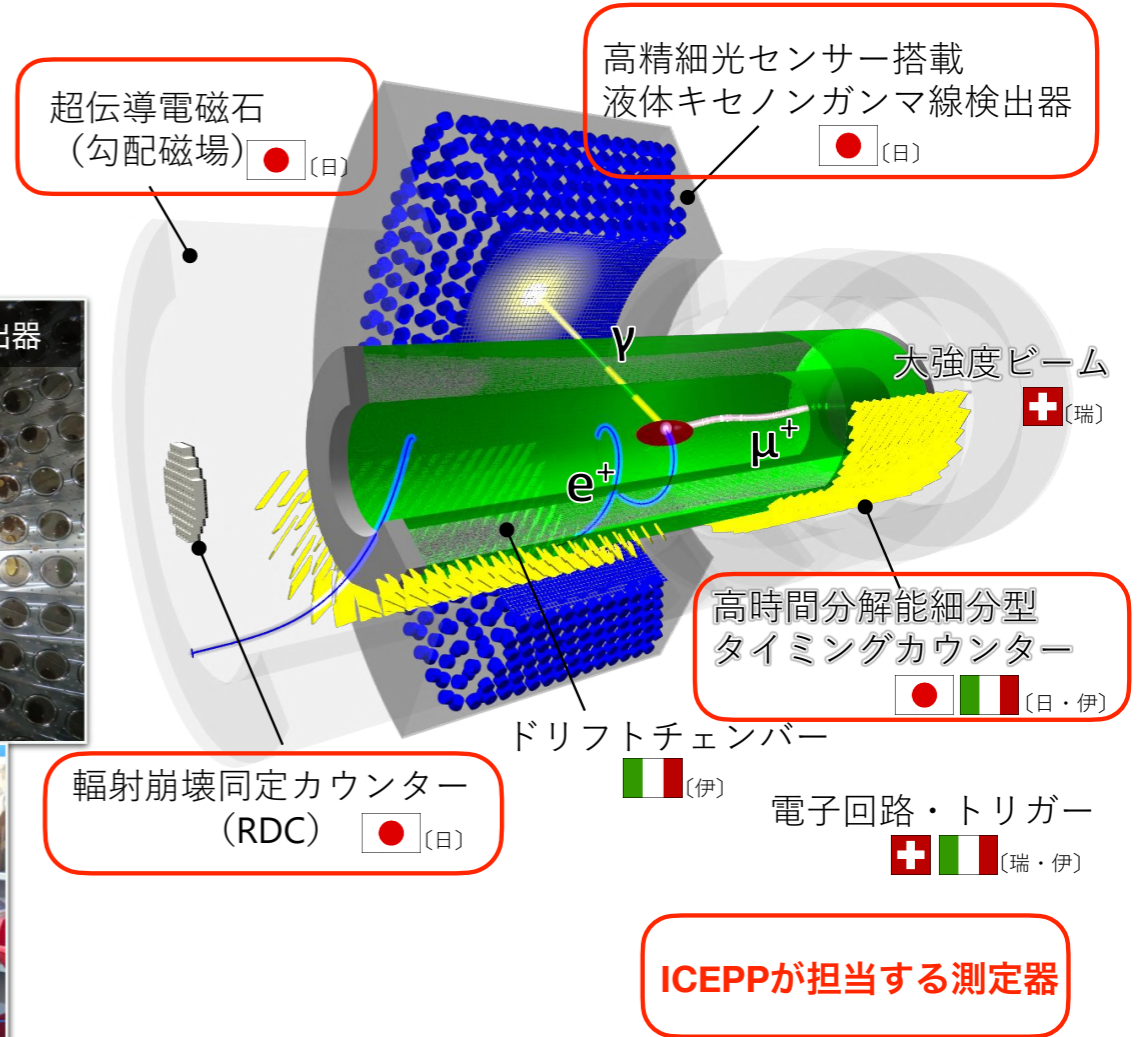
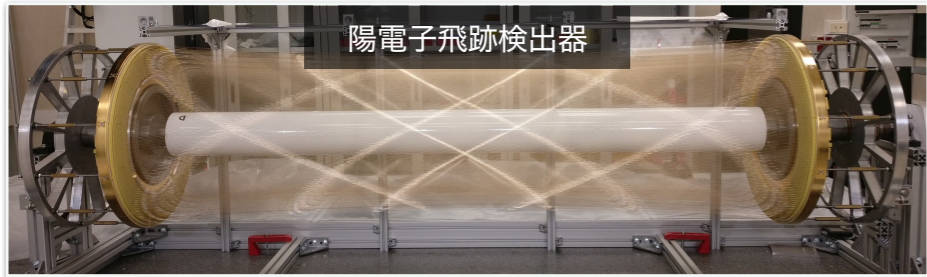
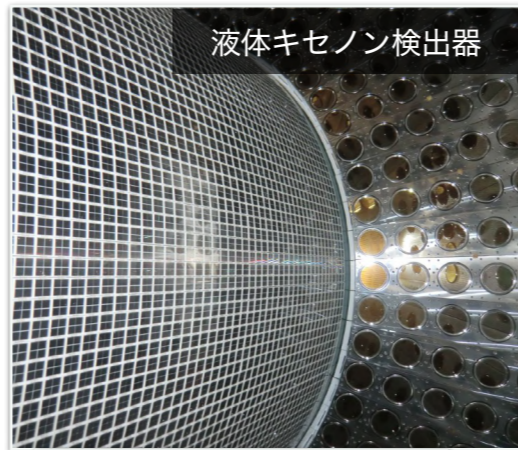
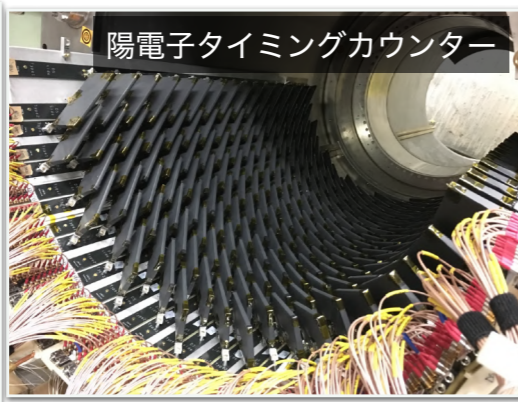
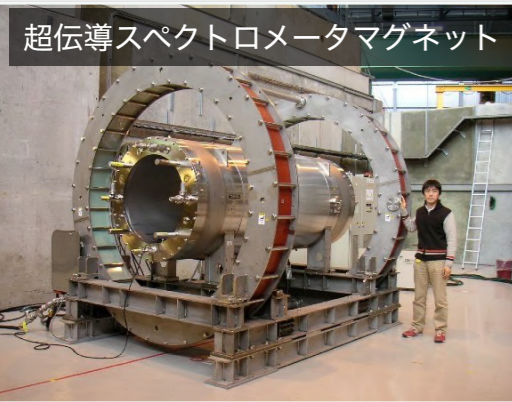
# MEG実験

●世界最高感度の実験には世界最高性能の測定器が必要！

●既存の測定器では不十分

- 独創的で巧みなアイデアに基づく高性能測定器を開発・建設
- ICEPPが中心となり考案、開発

●測定器建設完了。実験開始に向けた総合試験



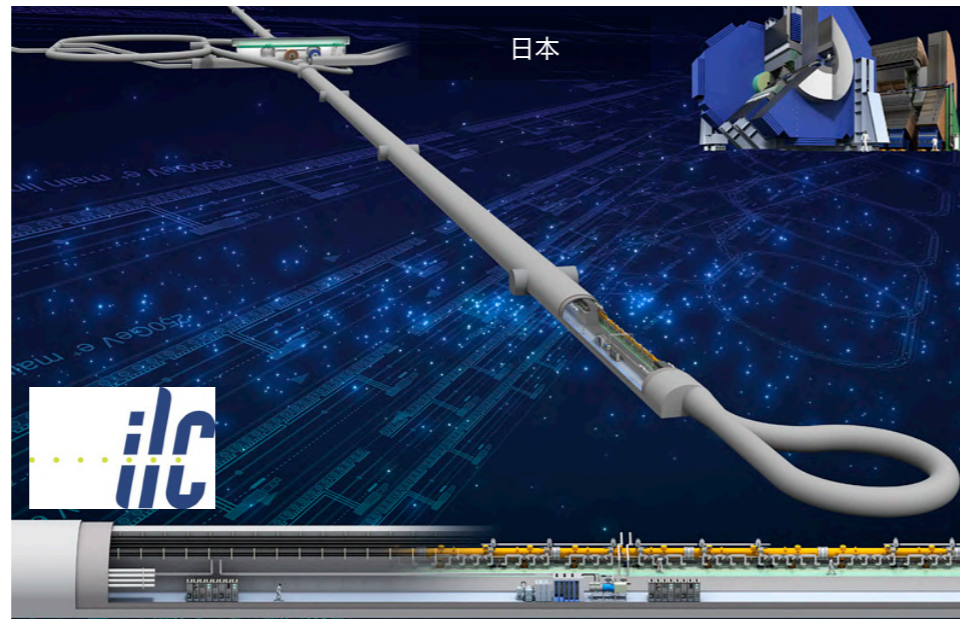
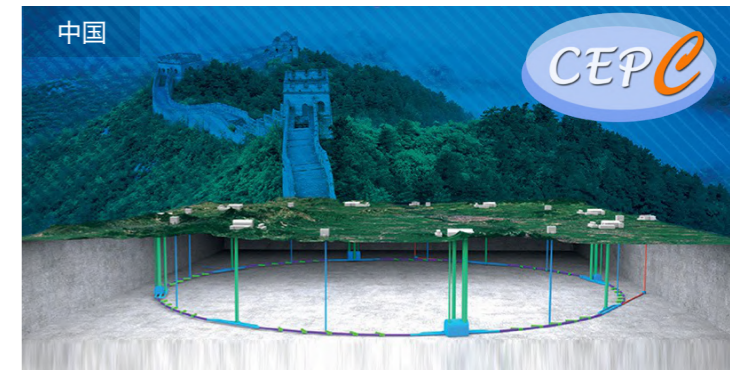
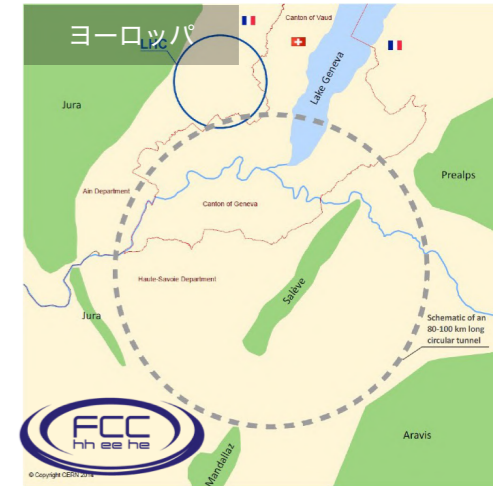
森教授(修士のみ)、大谷准教授



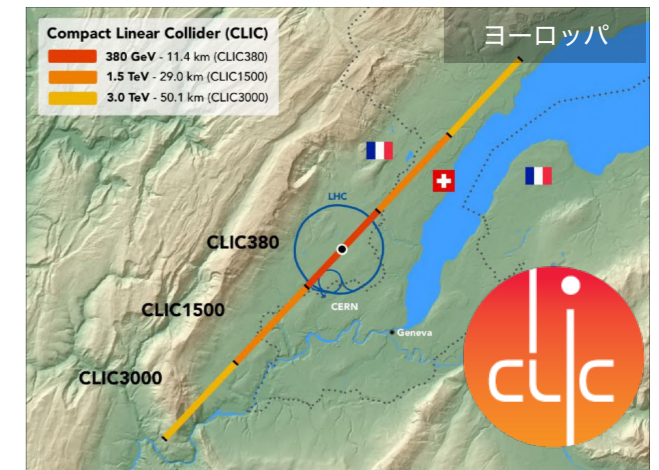
# ILC計画

## 次世代最高エネルギー加速器

- ヒッグス粒子の精密研究で標準理論を越える新物理への扉を開く！
- 国際的な合意
  - 次に建設すべきエネルギーフロンティア加速器は電子陽電子衝突型加速器(ヒッグス生成工場)
- 世界中でいろいろな次世代電子陽電子加速器が提案されている
  - ILC, CLIC, FCC-ee, CEPC



技術的成熟度が高く、実現に近いのがILC



# ILC@ICEPP

## ILC測定器開発

### ILC計画実現に向け、活発な研究および推進活動を展開

- 測定器開発, ILC物理研究, 建設推進活動

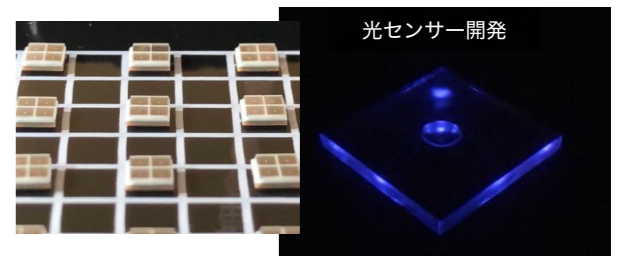
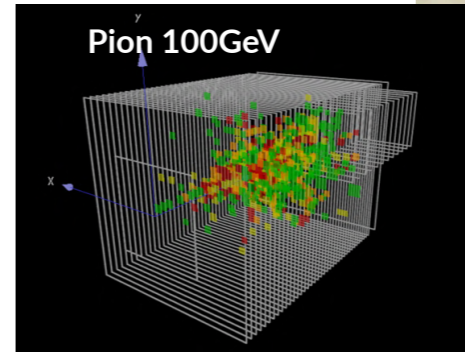
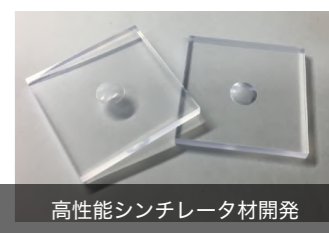
### 測定器開発の例

#### ILC用高精細カロリメータ開発

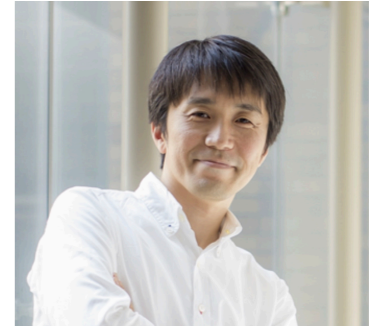
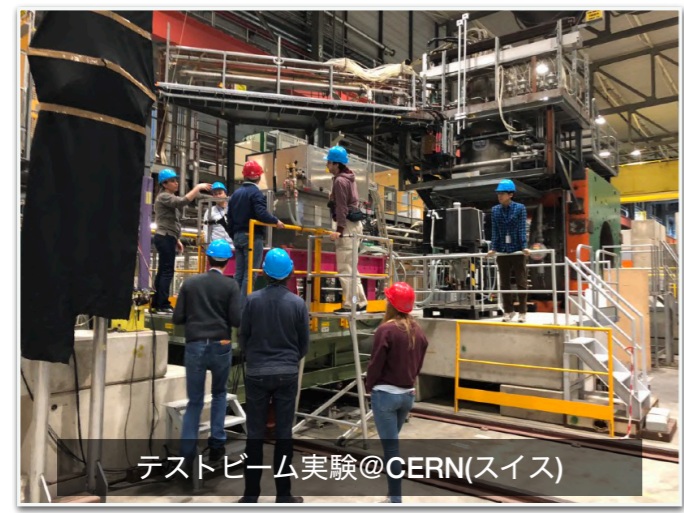
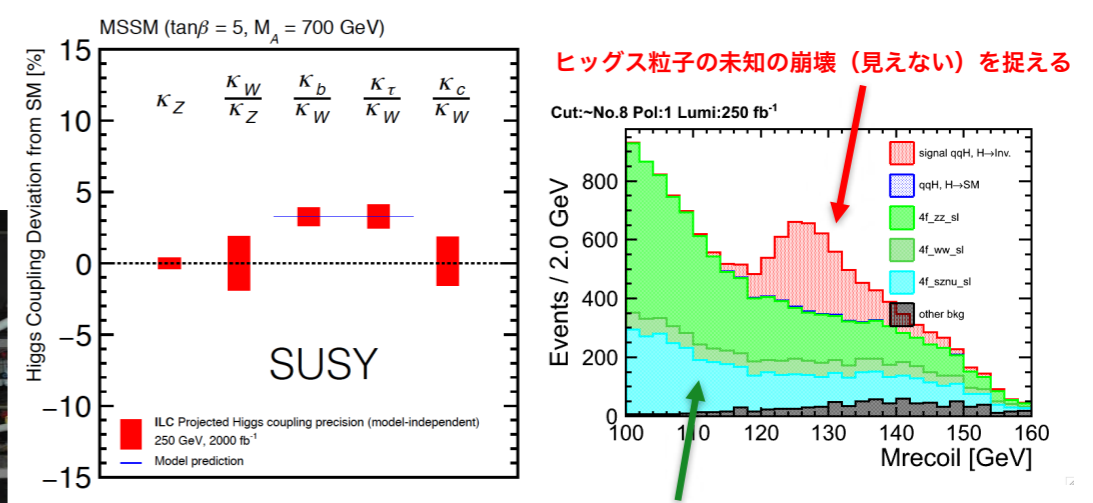
- シンチレータ電磁カロリメータ (中国グループと共同)
- シンチレータハドロンカロリメータ (ドイツグループと共同)
- シリコン電磁カロリメータ (フランスグループと共同)

#### カロリメータ用センサー開発

#### 高性能シンチレータ材開発



## ILC物理研究



### 大学院生の研究

- 修士課程：ILC測定器技術開発、センサー開発、物理研究
- 博士課程：ビーム試験による性能実証、測定器物理、工学設計、物理研究

森教授(修士のみ)、大谷准教授

# Tabletop 実験班のコンセプト

基本的に一人一テーマ

- **自分自身の**プロジェクト  
自分のペースでできる!
- 企画、設計、製作、測定、解析**すべて**できる  
研究者としての経験をつめる!
- 数年の短期間で**物理的成果**を上げる  
論文という目に見える実績が挙げられる!  
(当たればでかいが、外れても論文は書ける)



LHC実験 ⇔ Tabletop実験

掛け持ち/テーマ替えも可

例えば修士:Tabletop → 博士:LHC



浅井教授

# テールブルトツプ実験の例

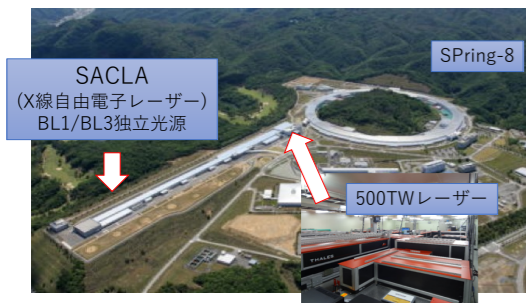
## 実験1: 光と光をぶつける

電子や陽子の代わりに光と光をぶつけて、**真空の場**を励起する

### 励起する候補

- ダークエネルギー?
- Dilaton/Axion?
- QED(仮想電子対)
- ??(MeVの物理)
- QCD(QGP)
- 電弱真空(Higgs)

μeV? meV??  
keV  
MeV  
100GeV



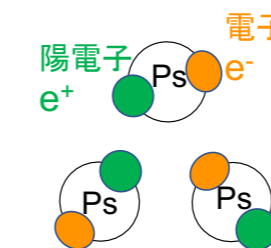
3

## 実験2: ポジトロニウムのボース・アインシュタイン凝縮 (Ps-BEC)

**反物質**の少量量子多体系である低温量子凝縮相 = **反物質レーザー**を実現

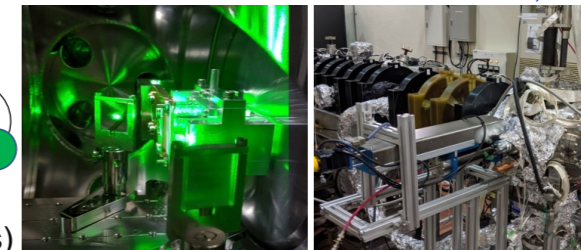
### ボース・アインシュタイン凝縮 (BEC)

- 集団中のほぼすべての原子が**単一の量子状態**になる
- 原子は**冷たくかつ高密度**



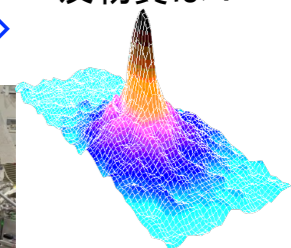
レーザー冷却 + 超高密度化

**反物質**  
ポジトロニウム(Ps)  
(古典極限系:  
1個1個のPsがバラ  
バラの位置・運動量)



実現のための新技術を開発中  
(東大・工や九州大、産総研、KEK、JAEA  
と協力して約20人の共同研究)

通常物質:  
• 超伝導  
• 超流動  
反物質は?



**反物質**  
**新量子多体系**  
Psのボース・アインシュタイン凝縮 (BEC)

## 実験3: 量子論における弱い等価原理の検証実験へ向けて

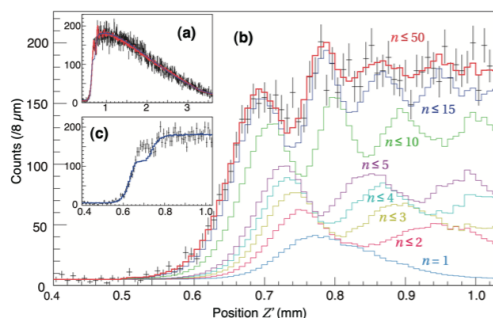
重力の不思議: 重力は幾何学である。

どういう訳だか、慣性質量と重力質量は等価(弱い等価原理)

等価原理は広く実験で検証されてきている。

でも、そのほとんどが、古典物理の範囲。量子論の範疇では?

以前、超冷中性子の重力場による束縛状態(量子系)を測定した。



高さ→

この、重力と結合する量子系をプローブとして、この系の距離スケールとエネルギースケールを同時に測定できれば、慣性質量と重力質量の比を求められる。

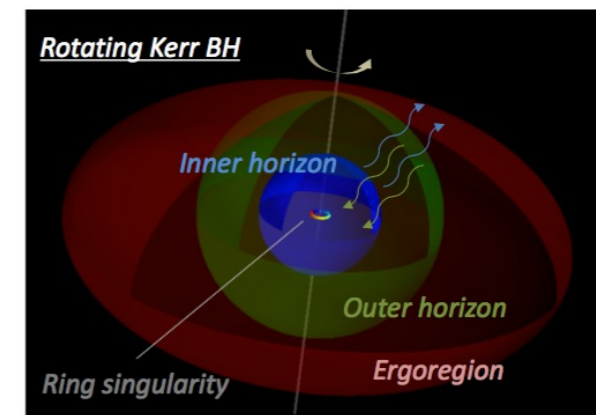
系のスケール:

$$z_0 = \left( \frac{\hbar^2}{2m_i m_g g} \right)^{1/3} \sim 6 \mu\text{m}$$

$$E_0 = \left( \frac{m_g^2 g^2 \hbar^2}{2m_i} \right)^{1/3} \sim 0.6 \text{ peV}$$

$m_g$ : gravitational mass  
 $m_i$ : inertial mass

## 実験4: ブラックホールの量子性を実験的に調べたい



現実のブラックホールはよく知られたSchwarzschild BHではなく、回転している(Kerr) - Double horizon構造が発生し、Hawking輻射の共鳴が起こる

量子情報と絡んで(理論的には)非常にホットなテーマになってきた

特殊な実験系でこの幾何学構造を再現し

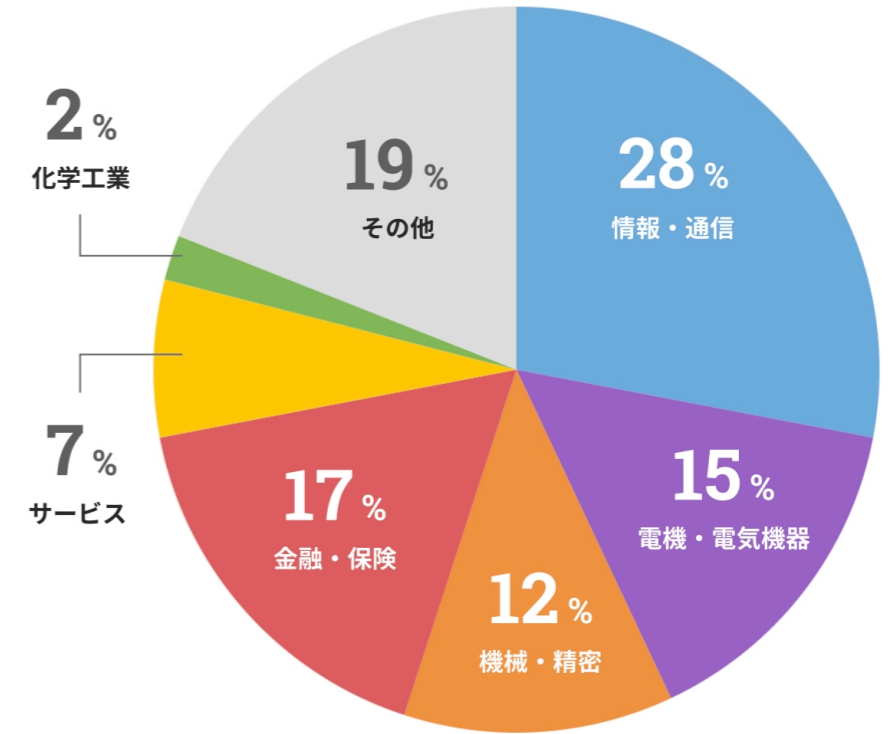
- BHの量子性を探る
- BHを利用した新たなデバイスを作る

# 大学院教育

- A2サブコース大学院担当教員
  - LHC実験：解析
    - トリガーエレクトロニクス
      - 石野、奥村
    - 量子コンピュータ、機械学習
      - 浅井、田中、澤田、寺師
  - MEG実験 / ILC計画: 測定器、センサー、物理研究
    - 森、大谷
  - Tabletop実験：小実験全般
    - 浅井
- 指導体制 (担当スタッフ数) \* 人数に重複あり
  - LHC 実験 14
  - MEG実験 4
  - ILC実験 4
  - Tabletop実験 5
  - 量子コンピュータ 7

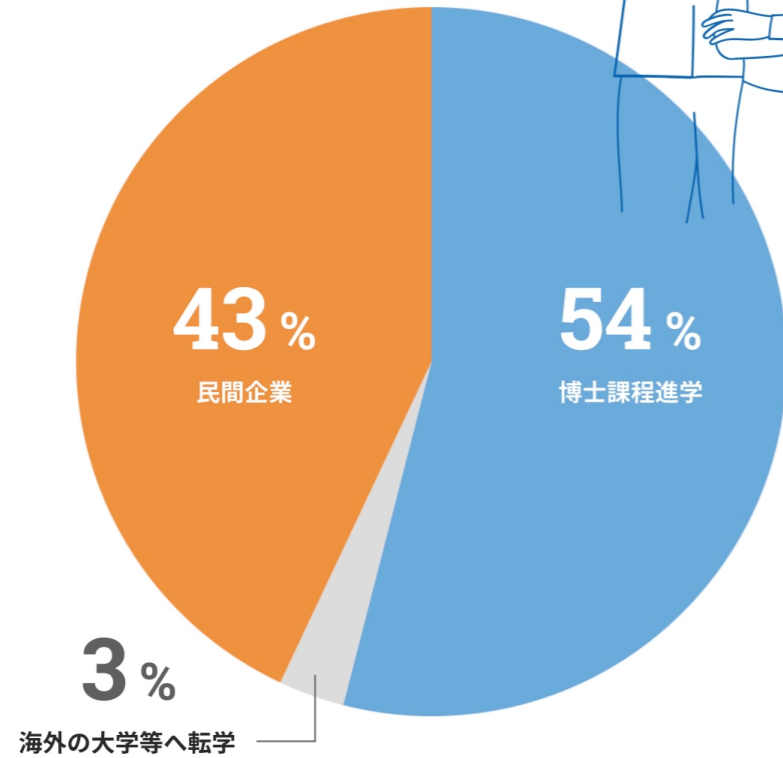
# 卒業後の進路

民間企業の業種別内訳(%)



## 修士課程 ※2000~2019年度調べ

学位取得後の進学・就職先(%)



### 主な企業

#### 情報・通信

日本電気株式会社、日本IBM株式会社、株式会社NTTデータ、富士通株式会社、ヤフー株式会社

#### 電機・電気機器

三菱電機株式会社、ダイキン工業株式会社、住友電気工業株式会社

#### 機械・精密

株式会社日立製作所、キャノン株式会社、株式会社キーエンス

#### 金融等

みずほ証券株式会社、ゴールドマン・サックス証券株式会社、三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社、SMBC日興証券株式会社、東京海上日動火災保険株式会社、明治安田生命保険相互会社

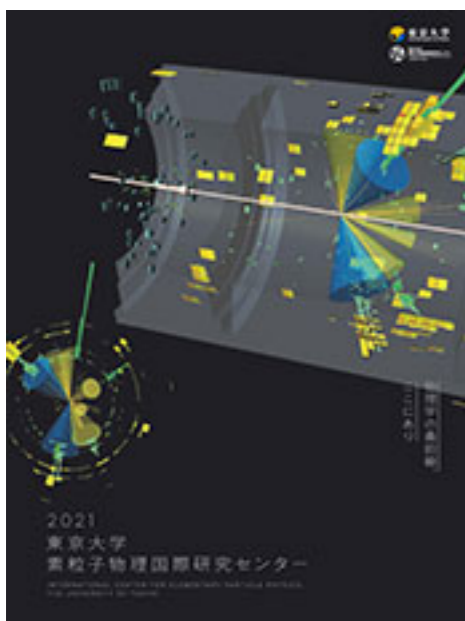
#### サービス

株式会社野村総合研究所

#### 化学工業

住友化学株式会社

- ATLAS実験 学部生向け特別セミナー
  - ・ 2021年6月7日(月)・11日(金)
  - ・ 各日 16:50 – 18:20 (5限目)、2部構成
  - ・ <http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20210419.html>
- パンフレットを郵送します (登録が必要)
  - ・ <https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/information/20210423.html>
- ICEPPガイダンス(5/29)の際の資料
  - ・ <https://indico.cern.ch/event/1029952/timetable/>
- ICEPPの大学院ページ (<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/graduate/index.html>)  
やそれぞれの先生のホームページから、さらに詳しい情報が得られます。



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

最先端「加速器素粒子実験」を知ろう！

CERN における国際協力加速器実験 LHC-ATLAS 実験のスペシャリストである教員による連続特別セミナー&座談会

素粒子物理、物理実験の面白さ・難しさ、加速器実験、ビッグサイエンス、計測技術、高速データ処理回路、データ解析、計算機科学、機械学習、量子コンピューティング等のホットトピックを最前線で活躍する研究者から直接聞けるチャンスです。

学部生・大学院生・学内外問わず大歓迎

事前登録が必要です。素粒子物理国際センターのウェブページより詳細をご確認ください。

<https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/>

**日時： 6月7日 (月), 6月11日 (金) 5限目 (16:50)**

場所：オンラインでの開催となります。事前登録により接続方法の情報をお知らせします。

内容：

|   |  |
|---|--|
| 6月7日 「ヒッグス粒子の物理」<br>「超対称性粒子と暗黒物質」<br>「素粒子物理と量子コンピューティング」                            | 田中純一 (素粒子物理国際研究センター・教授)<br>澤田龍 (素粒子物理国際研究センター・准教授)<br>寺師弘二 (素粒子物理国際研究センター・准教授) |
| 6月11日 「LHC で探る余剰次元」<br>「加速器・検出器の最先端技術」<br>(6月11日は、セミナー後「座談会」としてフリーディスカッションの時間を設けます) | 奥村恭幸 (素粒子物理国際研究センター・准教授)<br>石野雅也 (素粒子物理国際研究センター・教授)                            |

- ICEPPホームページに様々な情報を用意しています。

- <http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/index.html>

2021.05.28 お知らせ

「What's On!」に最新記事「AGAINST COVID-19」「ICEPP×AI&QC」等をアップしました

2021.05.27 お知らせ

ICEPP2021年度版パンフレットの配布について

2021.05.25 お知らせ

人事公募(特任研究員)について

2021.05.06 研究者向け

令和3年度ICEPPフェローシップ申請書の提出期限延期について(更新掲載)

2021.04.28 進学希望者向け

大学院理学系研究科物理学専攻A2サブコース  
大学院入試ガイダンス 2022(6/4)が開催されます

2021.04.19 進学希望者向け

ATLAS実験特別セミナー(6/7,11)が開催されます(学部生・大学院生・学内外問わず大歓迎)

2021.04.12 ニュース

柏キャンパスに宇宙・素粒子分野の国際研究拠点を設立

2021.04.01 進学希望者向け

「Beyond ICEPP: Transform your future」大学院進学希望者特設サイト公開

2021.03.29 お知らせ

量子ネイティブ育成センターのホームページを公開

2021.03.01 研究者向け

令和3年度共同研究の公募について

2020.12.01 ニュース

高エネルギー物理学研究者会議 ILC推進パネル(ILC Steering Panel)、高エネルギー委員会により設立





# パラレルセッションの説明

- 3つの Zoom を使います。自由に出入りしてください。17:30までは全てのパラレルで話が聞けるはずですが。
  - 例えば、15分ぐらいで三つのzoomを回って、それぞれ話をきく。
  - **先週の部局説明会に参加した人は、それ以外のところから始めることをお勧めします。**
- 三つのZoom URL は配布済み。
- 三つのパラレルのメインと、今いる全体のルームには、一人ずつサポートの院生がいます。分からないことは聞いてください。
  - パラレルセッションの URL がわからない。
  - こんな研究をしたいのだけど、どのパラレルにいけばよいのかわからない。
- 迷ったら今いる zoom へ!
- パラレルセッション後は再集合はしません。17:30をすぎたら、各々のパラレルセッションで適当に解散します。