

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第71回 東京大学 素粒子物理国際研究センター (2024.1.19)

- | | |
|--------------------|---|
| 12:05 – 12:10(5分) | : センターの概要
浅井祥仁 センター長・教授 |
| 12:10 – 12:25(15分) | : 若手研究者からのプレゼン
LHC-ATLAS実験 奥村恭幸 准教授
量子研究 寺師弘二 准教授 |
| 12:25 – 12:45(20分) | : 質疑応答 |



東京大学素粒子物理国際研究センターは2024年に50周年を迎えます。



小柴先生
「世界が一番高いエネルギーの加速器があるところに行って実験しよう」

素粒子物理学の東大発2系譜

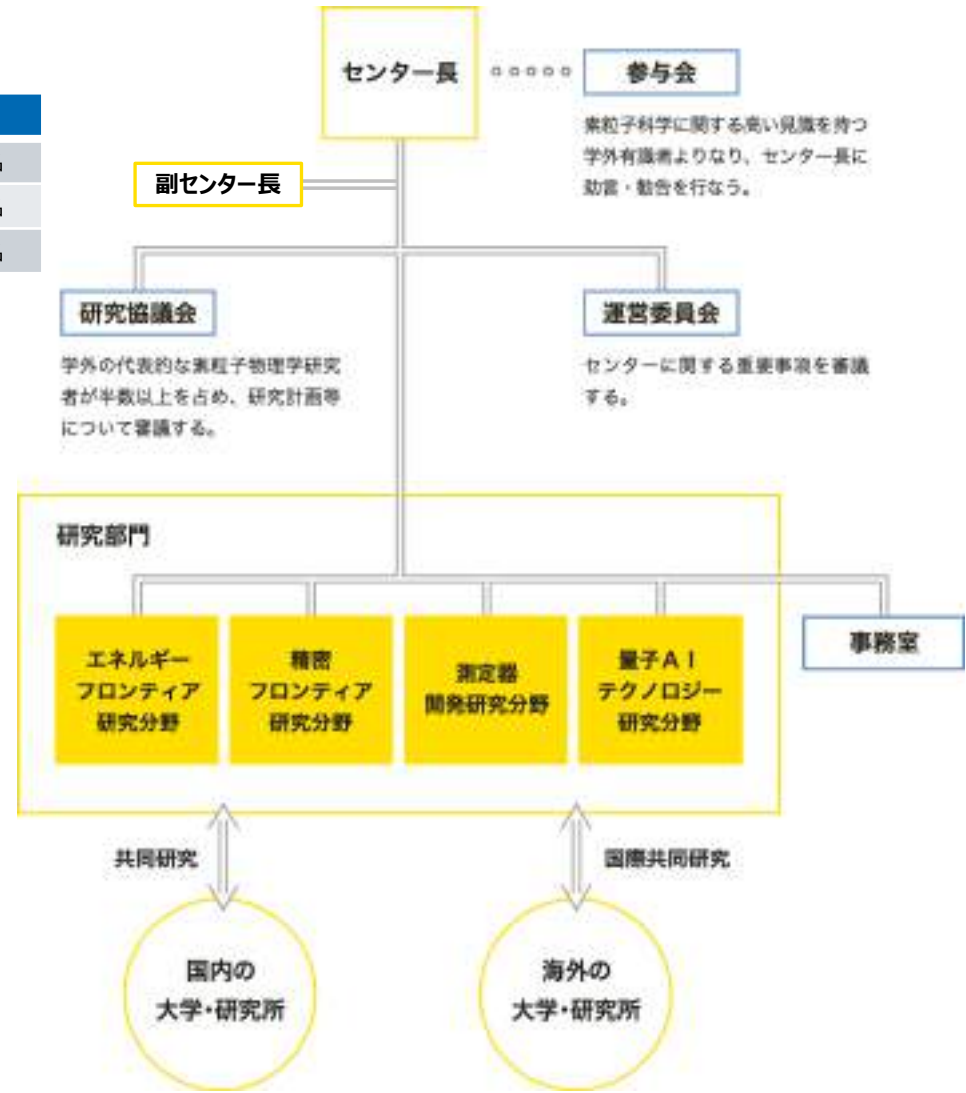
- ✓ 世界最高水準の研究機関を拠点とする国際共同実験
- ✓ 国内に実験施設を建設し、拠点とする国際共同実験

1974年	理学部附属高エネルギー物理学実験施設発足 初代施設長 小柴昌俊
1984年	理学部附属素粒子物理国際センターへ改組 スイス・欧州合同原子核研究機構(CERN)へ
1994年	素粒子物理国際研究センターへ改組 文部省の全国共同利用施設に認定
2002年	小柴昌俊 ノーベル物理学賞受賞
2004年	国立大学の法人化 素粒子物理国際研究センターを再組織
2010年	文部科学省より共同利用・共同研究拠点に認定
2012年	ヒッグス粒子の発見
2021年	量子AIテクノロジー研究分野を創設 量子ネイティブ育成センターを発足

組織人員	
教職員	36名
博士課程大学院生	17名
修士課程大学院生	23名






国際共同実験MEG @PSI



量子プラットフォーム（研究・教育・産学連携）

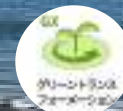
UTokyo COMPASS 多様性の海へ: 対話が創造する未来

素粒子物理国際研究センターの強みを生かした UTokyo COMPASS「10の目標」コミットメント

 <p>PERSPECTIVE 1 知をきわめる</p> <p>4. 地球規模の課題解決への取組 6. 卓越した学知の構築 7. 産学協創による価値創造 8. 責任ある研究</p>	 <p>PERSPECTIVE 2 人をはぐくむ</p> <p>10. 国際感覚をはぐくむ教育 12. 大学院教育：高い専門性と実践力を備え次世代の課題に取り組む人材の育成 13. 若手研究者の育成</p>	 <p>PERSPECTIVE 3 場をつくる</p> <p>16. 安心して活動でき世界の誰もが来くなるキャンパス 19. 社会への場の広がり 20. 国際的な場の広がり</p>
---	---	---

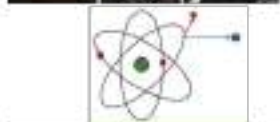
第4期中期目標・中期計画期間に発展させる3つの重点施策

- ① 東京大学CERN-LHC研究拠点を生かした**教育・研究機能の強化**
- ② 東京大学地域解析センターの**次世代大規模コンピューターモデル開発**
- ③ 未来構想事業に直結した**東京大学量子イニシアティブ構想の進展**



卓越した学知の実績推移

※太い赤枠は本センターが貢献



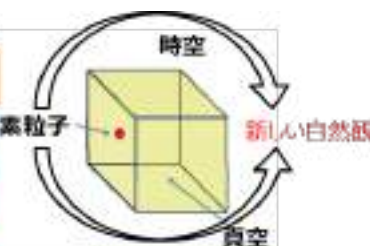
20世紀までの物質中心科学

ヒッグス粒子発見 (2013年ノーベル賞)

©CERN

重力波発見 (2017年ノーベル賞)

©LIGO



21世紀のフロンティア
「時空」「真空」を科学する

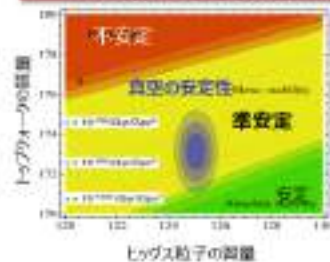
見えてきたパラダイムシフト

ヒッグスの発見から「真空の研究」へ 真空の状態変化 宇宙の進化 インフレーション 物質の源	超対称の解明から「ミクロな時空研究」へ 暗黒物質の解明 新しいアインシュタイン方程式 宇宙の誕生・進化
---	--

素粒子自体を研究目的でなく、時空・真空解明のためのプローブ(手段)として活用

LHCの成果

トップクォーク、ヒッグス粒子をプローブとして真空を解析



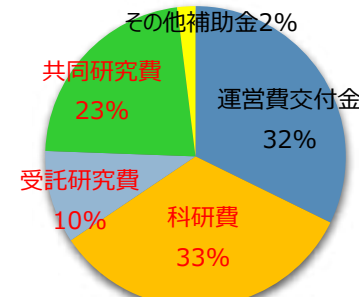
センター教員による過去13年の論文業績

論文数	1,605編
総被引用数	93,564回
Top10%論文数	760編 (Q値=47.4%)
Top 1%論文数	168編
FWCI	4.05

ATLAS実験の物理関連の論文数



研究費獲得状況



【特記事項】

- 量子研究に関する共同研究費(IBM, 国内企業)や受託研究費(JSTさきがけ2課題)+ 科研費(学術変革A・基盤研究B)の採択により、財源の多様化が進行
- 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT) 参加
- 先端共同研究推進事業(ASPIRE) TopチームのためのASPIREに採択
- 概算要求: 人類共通の叡智を拓く国際的な素粒子研究



ヒッグス粒子の発見とそれからわかってきたこと

- ヒッグス粒子の発見(2012)年から今まで

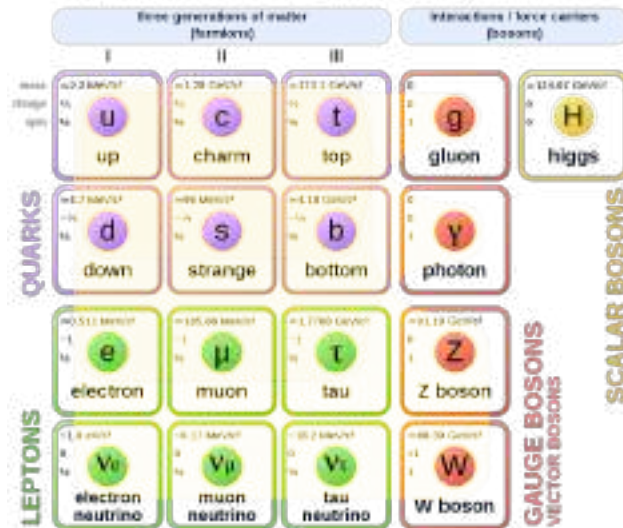
- 現場の若手研究者の努力 (国際的な組織での協働と競争)
- CERNにあるLHC加速器とATLAS/CMS実験装置で達成
- 予言されていた「最後の素粒子を発見」にとどまらず、
- 精密検証により「宇宙初期に宇宙中で相転移が発生し、現在の宇宙は“凍っている”」という現代物理の筋書きを実験的に証明
 - 物理学・自然観のパラダイム・シフト
- 新たな謎「我々の宇宙 (真空) は本当に安定か？」



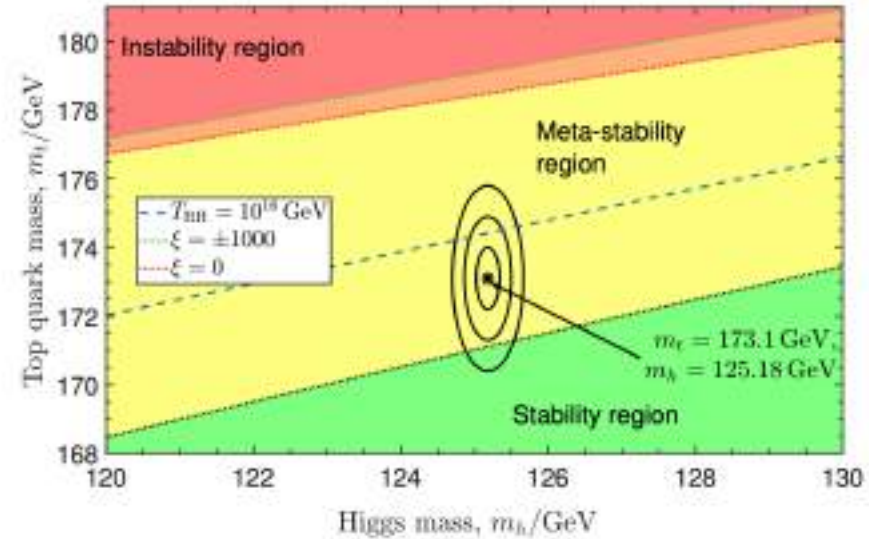
ヒッグス粒子発見発表時の様子(2012)



Standard Model of Elementary Particles



トップクォーク質量とヒッグス質量で宇宙の安定性を考察



国際協力の中での研究の遂行

● 国際協力でビッグサイエンスを実現

- 国際共同研究者コミュニティにおける高い認知、多くのリーダーシップ役職担当者を輩出
- CERNにおいてスタッフ院生常駐のサテライト研究拠点を創出し、国際共同研究を先導
 - 2023年度本学の長期派遣実績：スタッフ5名、大学院生8名
- 2000年代前半の建設期から、現代まで引き継がれる基本的な研究姿勢・体制となっています



国際協力研究と本学で開催した国際ワークショップ

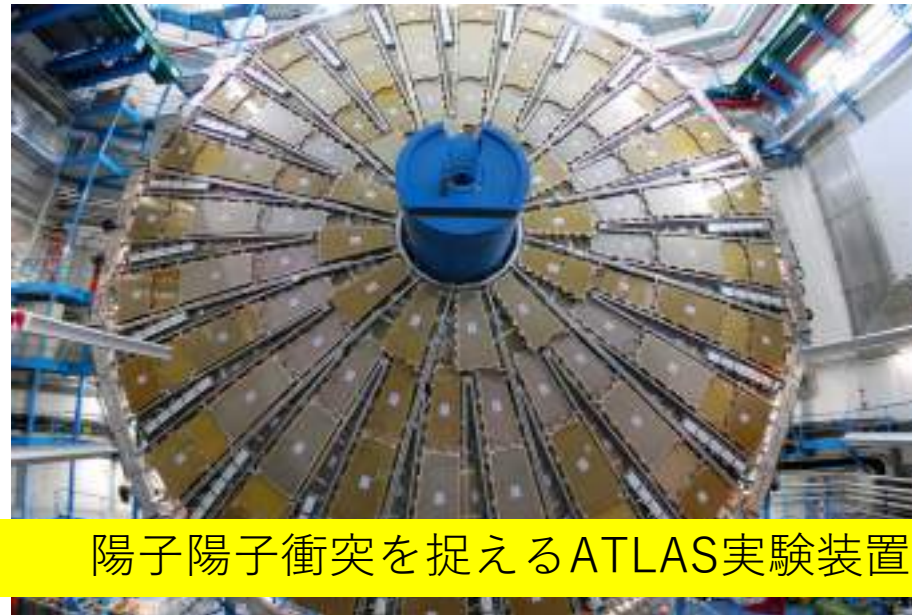
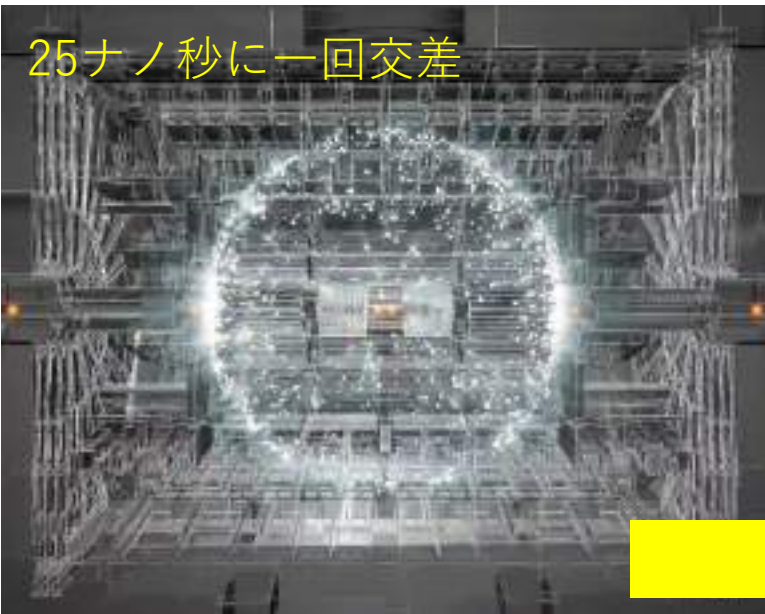
ATLAS実験装置

• ATLAS実験装置

- 1億チャンネルのセンサーからなる25 x 25 x 40 m³ の巨大なセンサー群
- 数cmの長さを持つ針状の陽子の集団 (約10¹¹個) を直径30ミクロン程度まで絞り正面衝突
- 1秒間に2,000,000,000回発生する衝突現象を観測する
- 現在までに2京回を超える陽子陽子衝突を発生させて物理成果の創出を狙う

• 手作りの実験装置

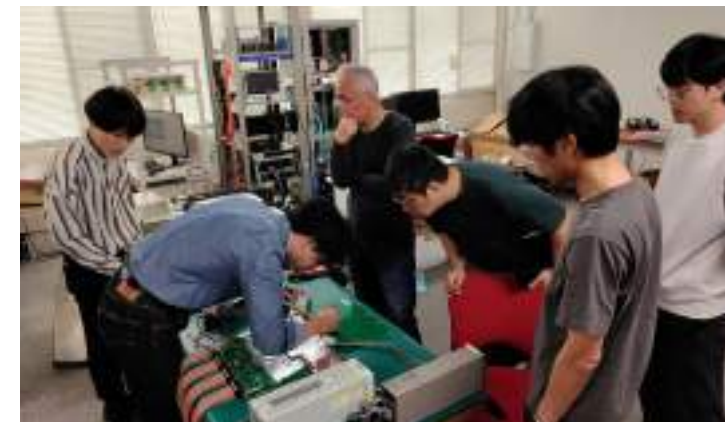
- 次は 2029 年の開始の次期実験のために2025年から2029年にかけて大改造



陽子陽子衝突を捉えるATLAS実験装置

共同利用・共同研究拠点

- 国内大学・研究機関間での共同研究を先導
- CERN拠点を活用し、共同研究者組織のCERNでの研究を支援するハブ機能
 - CERNにおける国内大学院生・若手スタッフの研究・生活のサポート



国内大学・研究機関との共同研究、CERNにおける国内大学院生のサポート、研究会

量子技術の研究開発



量子イニシアティブ



QIIC

量子イノベーション
イニシアティブ協議会



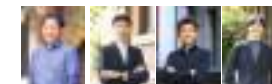
量子コンピュータの社会実装

量子AI, マテリアルズ・インフォマティクス, 最適化, 金融, ...

JSRとの共同研究

[arXiv:2211.04336](https://arxiv.org/abs/2211.04336)

水素分子の波動関数を学習し、高分解能の波動関数を予測



新川崎

127量子ビット機

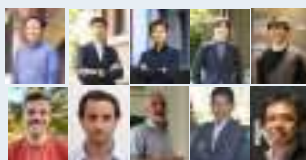
東京大学とQIIC参加企業は、占有的にアクセス可能

IBM-東大ラボ

日本に量子コンピュータエコシステムを構築

IBM-ICEPPの共同研究

ソフト共同
研究チーム



ハード共同
研究チーム



量子ネイティブ育成センター

素粒子センター

量子技術の開発・応用で国際共同研究を展開



CERN



LBNL



Fermilab



UChicago (部局連携)

量子コンピュータ + AI → 量子AI

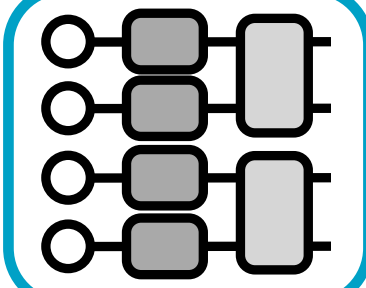
古典計算に対して、近い将来NISQが優位になる可能性のある分野

QII企業との
共同研究

古典データ

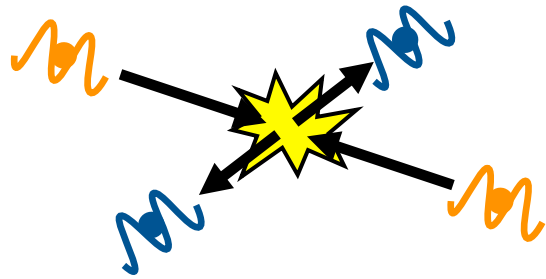


量子状態に変換



IBM・QII企業
との共同研究

量子シミュレーション



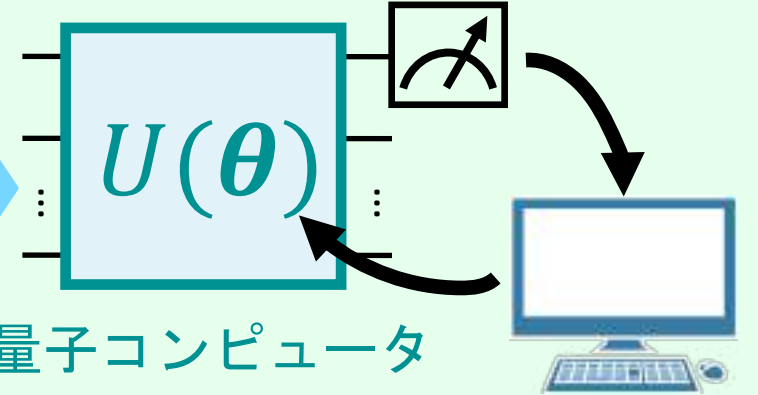
量子データ

素粒子理論の基本的な場（ゲージ場）を
シミュレートし、その状態を学習する

[Phys. Rev. Res. 5, 043250 \(2023\)](#)

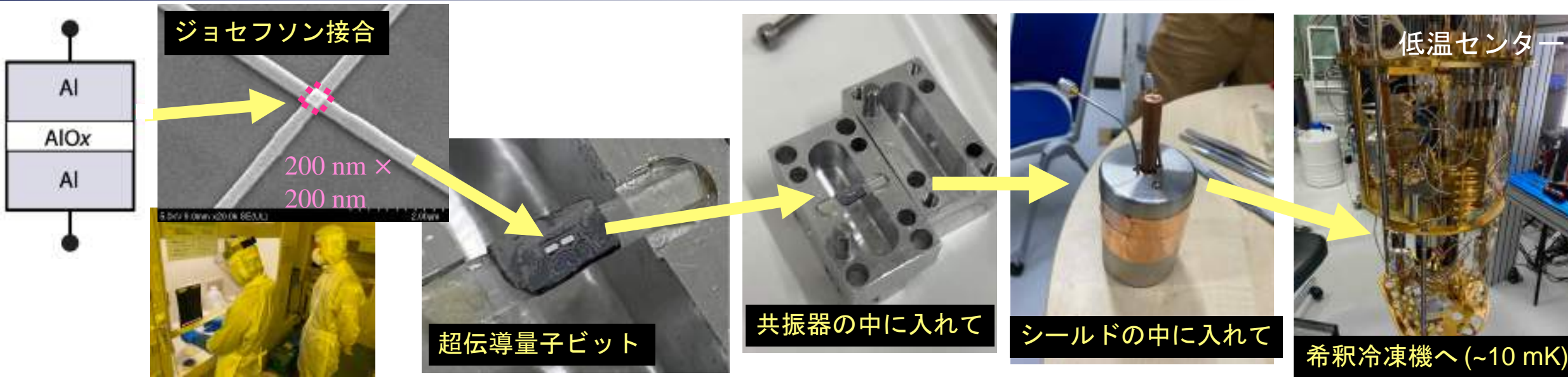
ρ

量子AI



- 量子AIの社会実装
- 量子データ活用の可能性

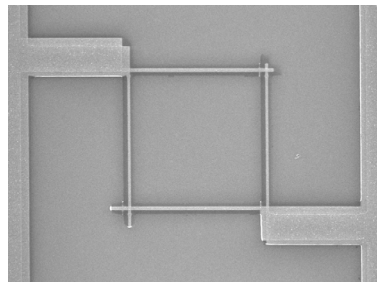
量子コンピュータの研究開発



超伝導量子ビットの開発・高度化



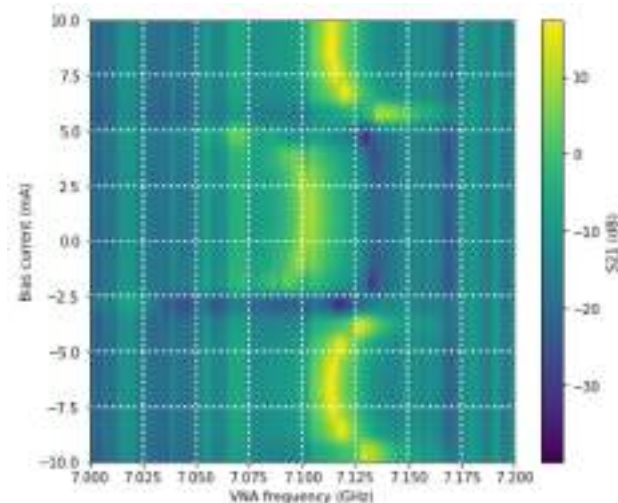
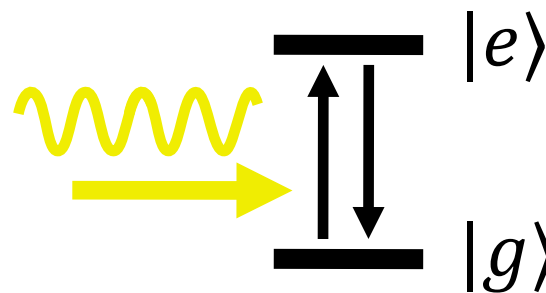
東京大学
浅野キャンパス



リソグラフィーナノ
計測拠点 (武田CR)

暗黒物質・重力波の探索

暗黒物質が変換した光を
量子ビットで検出する



学生・若手スタッフが主体になり、アイデア出しから設計・開発・実験まで

量子ネイティブ人材育成

量子コンピュータ教育は物理、情報、計算科学、材料科学など多様な知識が必要

→ **量子ネイティブ育成センター** (2021年～)



IBM量子コンピュータ (浅野)



IBM量子コンピュータを教育に使えるのは、ここだけ？

量子コンピュータ実習 (学部3-4年生)

- ▶ 量子コンピューティング教材 ([実習用ワークブック](#))
- ▶ 毎年90名程度が参加



多様なハードウェア実習を展開

核磁気共鳴