



<https://tchou.tomonaga.tsukuba.ac.jp>



筑波大学 宇宙史研究センターについて

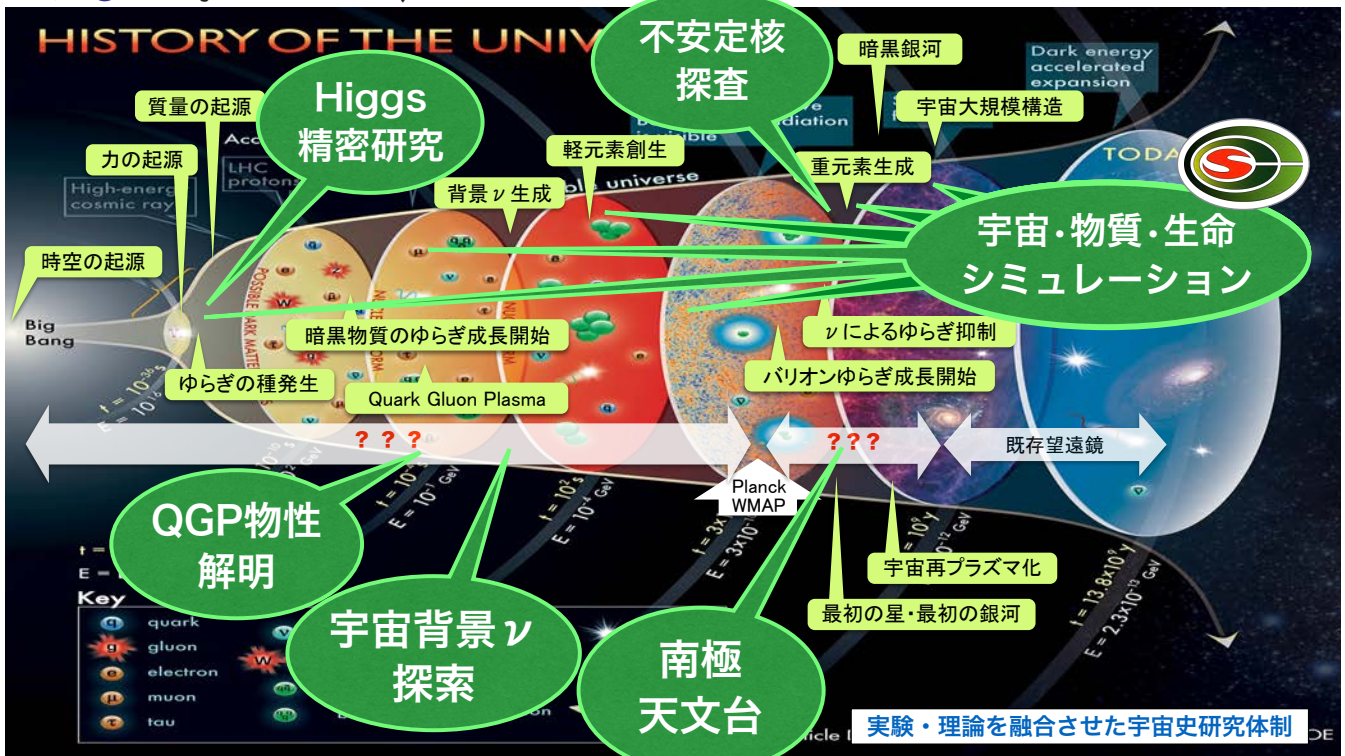
「筑波大学 宇宙史研究センター (Tomonaga Center for the History of the Universe: 朝永センター)」は、宇宙の創生と物質・生命の起源を数理的手法で研究し、宇宙史の統一的理解と新たな学問分野の創出・牽引を目的として、2017年に設立された筑波大学の研究センター（重点育成研究拠点）です。

私たちの宇宙がどのようにして生まれ、現在の姿に辿りついたのかは、人類の持つ根源的な問いです。宇宙の歴史は、その開闢以来さまざまな出来事が起こりましたが、それらのダイナミカルな帰結として、現在の宇宙を説明する必要があります。多くの先端研究がなされてきましたが、まだ解明すべき謎（宇宙史の暗黒部分）が数多く存在し、さらに、それらを統一的に解明する描像の構築が求められています。

筑波大学では、素粒子実験分野、原子核実験分野の4つの大型実験プロジェクトが、日本学術会議マスタープラン2020で国をあげて推進すべき重点研究計画として採択され、宇宙観測分野の「南極望遠鏡計画」もマスタープラン2017に採択されています。理論分野でも、計算科学研究センターの「コスモ・シミュレータの開発 -宇宙の始まりから生命の誕生に至る宇宙全史の探究-」が採択されています。宇宙史研究センターは、これらの実験プロジェクトと理論プロジェクトを宇宙史の観点で連結し、計算科学研究センターとの密接な連携のもと、宇宙史の暗黒部分の解明を飛躍的に加速させることにより、時空の創世から、宇宙の物質創成・生命誕生に至るプロセス全貌の統一的理解に向けた新たな学問分野の創出と牽引を目指しています。



～ 宇宙史の暗黒部分の解明に向けて ～

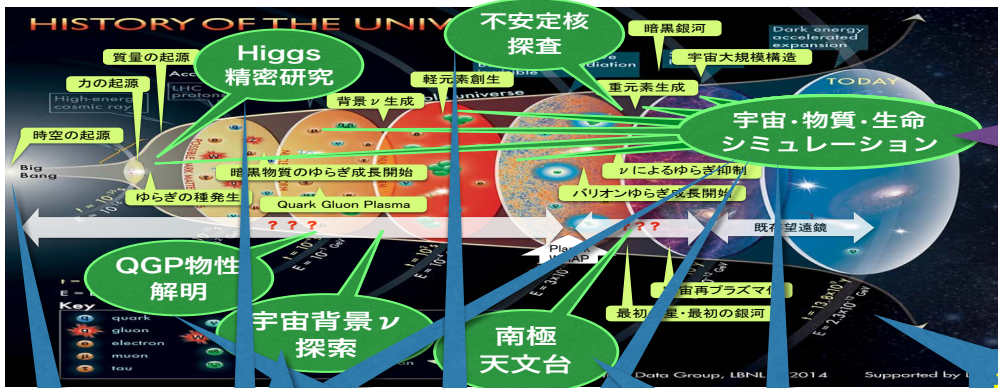
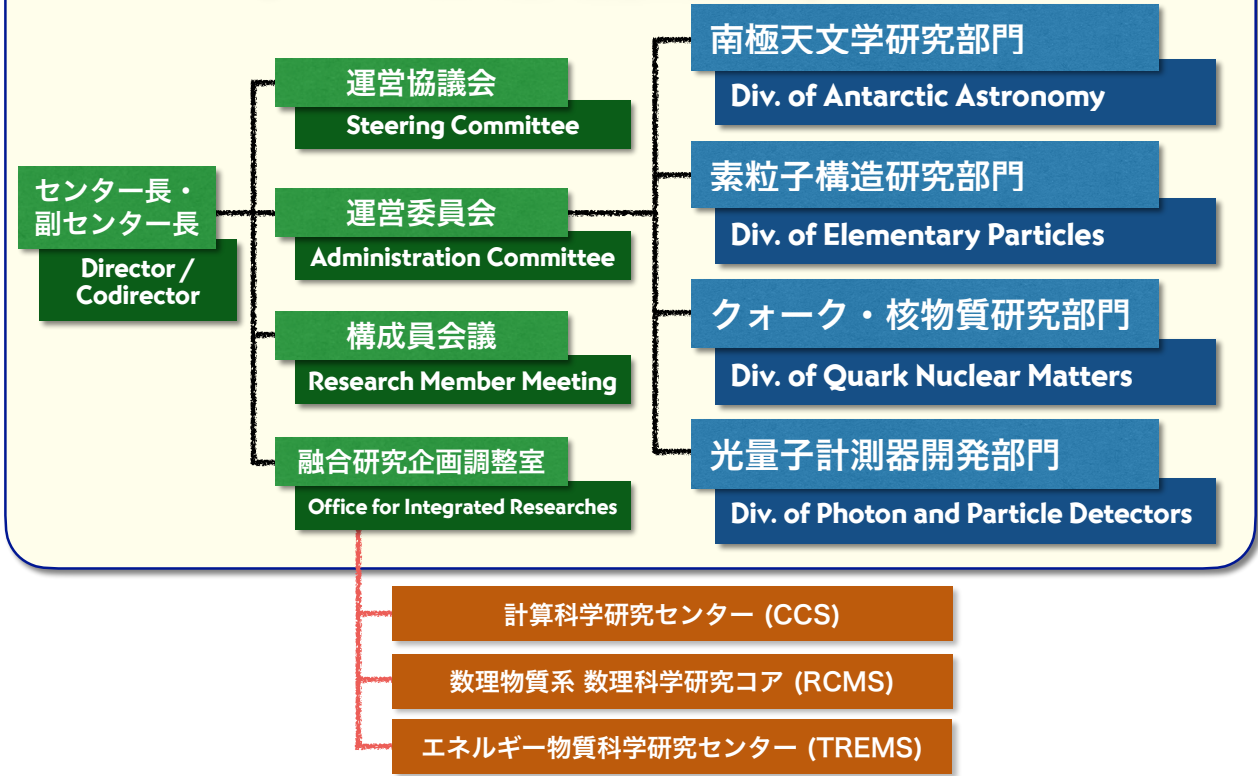


4つの実験プロジェクトと理論のコスモシミュレータ計画が学術会議マスタープラン2020に採択

- ☑ 生命につながる元素の起源？
- ☑ 宇宙の構造の起源？ 力・物質・時空の起源？
- ☑ 実験的に未解明の領域（暗黒）が多く残されている。
- 🔗 宇宙・素粒子・原子核の最先端理論・実験プロジェクトを融合
- 🔗 現象とメカニズム・プロセスの同時解明
- 🔗 物質と生命の起源に迫る新領域の国際的研究ネットワークを形成



宇宙史研究センター Tomonaga Center for the History of the Universe



計算科学研究センター

素粒子構造研究部門

質量の起源であるヒッグス粒子の精査、新粒子探索/宇宙年齢数秒からの宇宙背景ニュートリノの発見に向けたロケット・衛星実験/超弦理論による時空の起源の解明

クォーク・核物質研究部門

宇宙初期や中性子星内部のクォーク・グルーオン・プラズマを探求/不安定核の質量測定による重元素の起源とRプロセスの解明

南極天文学研究部門

南極天文学による暗黒銀河探索/銀河、銀河系、宇宙構造の観測的研究/宇宙の構造と進化、生命の起源に至る物質進化の理論的研究

光量子計測器開発部門

TIA-ACCELERATEと協働し、超伝導体検出器・光量子計測器を開発

エネルギー物質科学研究センター
TIA-ACCELERATE



構成教員・連携教員・研究員

センター長：受川史彦(p) 副センター長：久野成夫(p)

南極天文学研究部門 部門長：久野成夫(p)

構成教員：橋本拓也(a)、本多俊介(a)

連携教員：徂徠和夫(p:北大)、中井直正(p:関西学院大)、瀬田益道(p:関西学院大)、
笠井康子(p客員:NICT)、西堀俊幸(ap客員:JAXA)、渡邊祥正(ap:芝浦工大)、
矢島秀伸(ap:CCS)、松尾 宏(ap:NAOJ)

素粒子構造研究部門 部門長：武内勇司(ap)

構成教員：石橋延幸(p)、受川史彦(p)、伊敷吾郎(ap)、佐藤構二(l)、飯田崇史(a)、廣瀬茂輝(a)、
浅野侑磨(a)、金 信弘(p特令)

連携教員：松浦周二(p客員:関西学院大)、池上陽一(ap客員:KEK)、佐藤勇二(ap:福井大)

クォーク・核物質研究部門 部門長：江角晋一(p)

構成教員：小澤 顕(p)、中條達也(l)、新井田貴文(a)、野中俊宏(a)、三明康郎(p特令)、
金谷和至(p特令)、Thomas Peitzmann(p海外unitPI: Utrecht大)、

Marco van Leeuwen(p海外unitPI: Utrecht大)、Jonghan Park(a海外unit: Utrecht大)

連携教員：藏増嘉伸(p)、笹公和(ap)、森口哲朗(a)、杉立 徹(p特任:広大)、秋葉康之(p客員:理研)、
若杉昌徳(p客員:京大)、永宮正治(p:理研)、郡司 卓(ap:東大)、志垣賢太(p:広大)、
佐甲博之(p客員:原研)、齋藤武彦(p客員:理研)、山口由高(ap客員:理研)、山口貴之(ap客員:埼玉大)、
小沢恭一郎(ap客員:KEK)、稲葉 基(ap客員:筑波技大)

研究員： 坂井真吾

光子計測器開発部門 部門長：小澤 顕(p)

構成教員：江角晋一(p)、武内勇司(ap)、中條達也(l)、廣瀬茂輝(a)、本多俊介(a)、金 信弘(p特令)

連携教員：西堀英治(p)、富田成夫(ap)、近藤剛弘(ap)、中村浩二(a:KEK)、
山田美帆(a:都立産業技術高専)

2024/04

"Tomonaga Center (朝永センター)" の名称は、筑波大学物理学教室の基礎を築き、超多時間理論や、くりこみ理論、集団運動の理論など、現代物理学の構築に多大な功績を残された、ノーベル賞物理学者 **朝永振一郎博士**にちなんでいます。朝永先生の盟友であり日本初のノーベル賞受賞者である湯川秀樹博士の京都大学 基礎物理学研究所 (Yukawa Institute for Theoretical Physics) の例に倣い、センターの英語名に先生の名前を使わせていただくことになりました。



朝永 振一郎 博士

1906 - 1979

(筑波大学 朝永記念室蔵)



宇宙背景ニュートリノ探索プロジェクト

- ◆ ビッグバン宇宙誕生の数秒後→ 宇宙背景ニュートリノ (CνB)
(cf. 宇宙誕生の30万年後→ 宇宙背景マイクロ波放射(CMB))
- ◆ CνBの発見 => **CMB以前の宇宙を初めて観測**
=> 宇宙大規模構造や銀河創生の初期条件の解明
- ◆ CνBは約100個/cm³ と大量に存在： ν崩壊を定量的に観測可能
=> **ニュートリノ質量を決定**できる唯一の方法

CνB研究は世界でも未着手。

ニュートリノとその質量は、暗黒物質、暗黒エネルギーとともに、ゆらぎ成長の決定要因。

★ **ロケット・衛星による宇宙背景ニュートリノ探索プロジェクト**

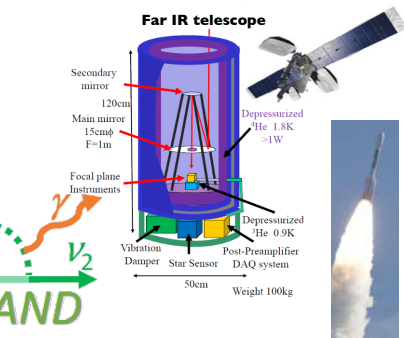
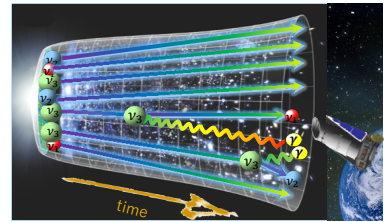
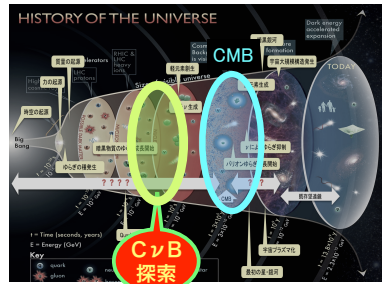
⇐ ニュートリノ崩壊からの遠赤外線を、宇宙空間で精密観測

筑波大が提案・主導

日本学術会議マスタープラン大型研究計画(2014,2017) (筑波大が中核機関)

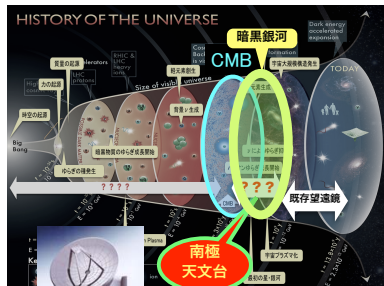
久野(南極天文)らの先行研究：ロケットによるサブミリ波観測実験 (1995)

- ◆ **第1段階 ロケット実験**： 高度200 kmで5分間データ収集
寿命が10¹⁴年以下なら観測可能。(現在の寿命下限は 3×10¹²年).
- ◆ **第2段階 衛星実験**
寿命が10¹⁷年以下なら観測可能。
- ◆ **新型超伝導検出器SOI-STJ(超伝導トンネル接合素子)の開発**
極低温下での動作確認済み： Nagata et al., (2009)



南極天文台プロジェクト

- ◆ **現在の宇宙：プラズマ状態**
他方、宇宙背景放射 (CMB) が観測される30万年前は中性
⇐ 星からの紫外線により電離
- ◆ 既存の望遠鏡では、それに必要な銀河の30%しか見つかっていない。
残り70%の「暗黒銀河」は既存の望遠鏡で観測できない深宇宙に？
- ◆ 電離メカニズムの解明は、銀河・惑星・生命の形成の理解に不可欠



★ **テラヘルツ南極望遠鏡による深宇宙探査プロジェクト**

- ◆ **第1段階： 10m テラヘルツ望遠鏡**
遠方銀河からの光は、宇宙膨張により、テラヘルツ領域。赤外～テラヘルツ波は大気中の水蒸気が吸収。
=> **南極高地：水蒸気が極めて少なく、赤外～テラヘルツ波が地上に届く唯一の場所。高い晴天率。**
筑波大が提案・主導。国立天文台、極地研ほかと連携し、南極天文コンソーシアムを形成。

日本学術会議マスタープラン大型研究計画(2014, 2017) (筑波大が中核機関)
南極観測国際組織SCAR勧告(2010)



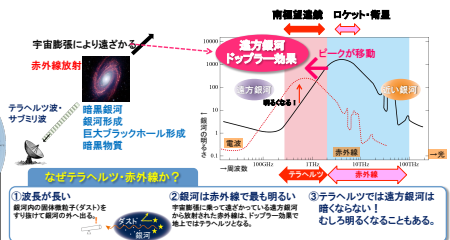
10m望遠鏡で、126億年前までの宇宙を広角サーベイ。

ロケット・衛星実験による赤外観測(宇宙背景ニュートリノ探索)と合わせ、スペクトルの全貌解明 => 銀河の性格や距離を精密決定
候補地：新ドームふじ (日本：3800m)

- ◆ **第2段階： 30mテラヘルツ望遠鏡**
136-137億年前までをサーベイ => 第1世代銀河の観測！
10mの経験をもとに。
候補地：新ドームふじ (日本：3800m)



テラヘルツ・赤外線観測による暗黒銀河の探査



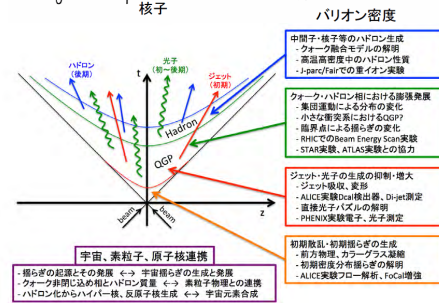
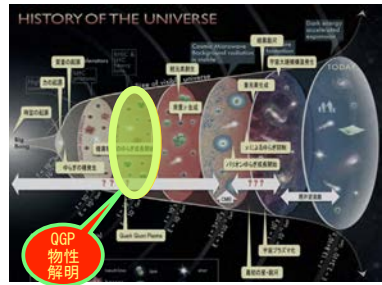
- ①波長が長い銀河内の塵埃放射(ダスト)を予知して観測の中心領域。
- ②銀河は赤外線でも最も明るい宇宙空間に集って居るから遠方銀河が観測可能な条件は、ロケット・衛星で地上ではテラヘルツとなる。
- ③テラヘルツでは遠方銀河は暗くならない！むしろ明るくなることもある。

クォーク・核物質物性解明プロジェクト

- ◆ 宇宙年齢10⁻⁴秒：クォーク物質(QGP)からハドロン・核物質へ相転移
 - > 素粒子レベルでの最後の相転移 => 物質創生の初期状態を決定
 - > 人類が経験したことがない物質の新たな状態

★ 高エネルギー重イオン加速器実験

クォーク物質(QGP)を地上で実現 "Little Bang"
 => 相転移とクォーク物質・核物質の物性を解明
 ゆらぎ、膨張、相転移温度、粘性など
 => 宇宙における物質の初期状態とその進化



原始宇宙の火の玉再現

生まれたくて1000万分の1秒後の宇宙

世界最大の粒子加速器で実験へ

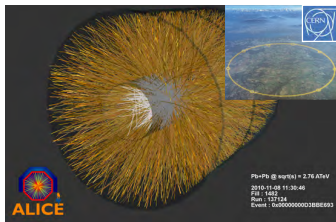
LHCが挑戦! 1000万分の1秒後の宇宙

当座で実現! 25万分の1秒後の宇宙

筑波大が中核機関

筑波大：
 BNL/RHIC実験、
 CERN/ALICE実験を推進

日本学術会議マスタープラン
 大型研究計画(2014, 2017)
 (筑波大が中核機関)



ヒッグス粒子精査プロジェクト

- ◆ 宇宙年齢 10⁻¹⁰ 秒：真空の相転移 (ヒッグス場凝縮)、素粒子の質量獲得
- ◆ ヒッグス粒子の精査： ヒッグス粒子の数、暗黒粒子への崩壊、自己結合
 => 質量起源の解明、暗黒物質の直接探査
 標準理論を超える物理への足掛かり、素粒子理論の原理の検証：ゲージ対称性・くりこみ
- ◆ 超対称粒子、余剰次元などの探索 => 力の起源、時空の起源

★ CERN/LHC ATLAS実験による先端素粒子物理学

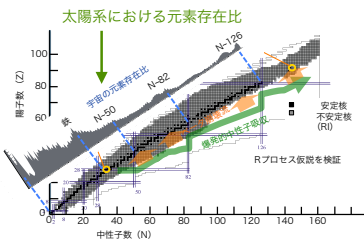
シリコン・マイクロストリップ・センサーを用いた高精度飛跡検出器の開発・建設
 筑波大：CERN/ATLAS実験を推進
 日本学術会議マスタープラン大型研究計画(2014, 2017)

Higgs精密研究

不安定核探査

万物の重さの起源

ヒッグス粒子が発見



RIKEN/RIBF

不安定核探査プロジェクト

- ◆ 宇宙に存在する重元素の起源：
 最初の星・銀河誕生(130億年前)以降の超新星爆発 + 中性子星合体など
 => 不安定核の反応プロセス (r-process, s-process) の解明が鍵

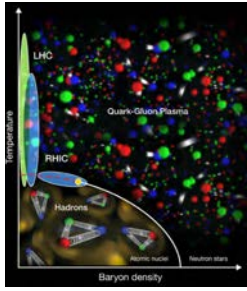
★ 重イオン加速器による不安定核探査とその反応の研究

理研RIBFビームファクトリー(RIBF)の「稀少RIBF」で不安定核の質量/寿命測定
 => 第一段階：N≈50 ピークの起源の解明、第二段階：N≈82、第三段階：N≈126
 筑波大：RIKEN/RIBF実験を推進
 日本学術会議マスタープラン大型研究計画(2014, 2017)



宇宙・物質・生命の理論的研究

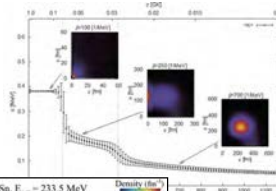
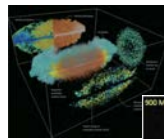
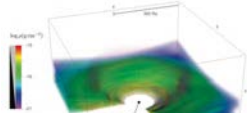
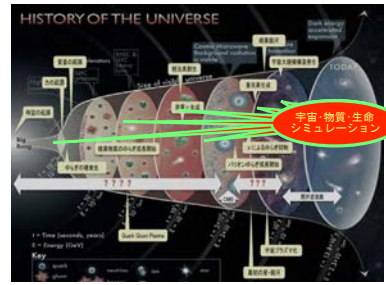
★ 宇宙と物質の大規模シミュレーション



計算科学研究センターとの密接な連携による、宇宙の構造形成、物質・生命の起源解明に向けた大規模シミュレーションの遂行と、理論的示唆に対応する実験・観測プロジェクトの検討

- ◆ クォーク質量など自然界の基本パラメータの決定
- ◆ 有限温度・有限密度QCDの相構造と、クォーク・核物質の状態方程式の解明

=> 宇宙年齢 10^{-6} 秒における元素創生、中性子星の内部構造、暗黒物質

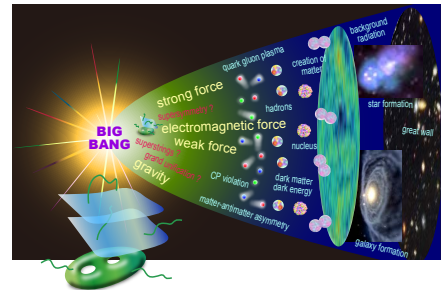
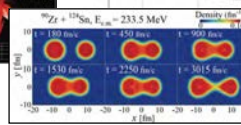
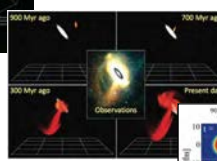


- ◆ 暗黒物質、宇宙大規模構造
- ◆ 銀河形成、銀河衝突
- ◆ ブラックホールと重力波
- ◆ 星間物質化学進化

=> 宇宙の構造進化、有機物・生命の起源

- ◆ 核反応、核融合
- ◆ 不安定核
- ◆ R-プロセスの解明

=> 宇宙の物質進化



★ 超弦理論・超重力理論の研究

重力の量子場の理論と素粒子の統一理論の構築を目指し、超弦理論を研究

=> 時空の起源、素粒子と相互作用の起源

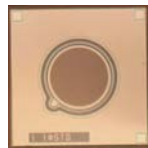
光・量子検出器開発部門

★ 先端検出器で各プロジェクトの推進を支え、新しい物理計測を可能に

進展の著しい先端光・量子検出器は、様々な物理計測限界を超越する可能性があります。光・量子検出器開発部門では、各プロジェクトの推進を支え、さらにTIA連携等を通じて新しい検出器技術の開発を推進します。

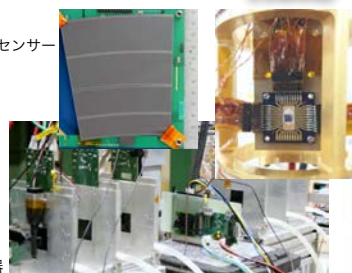
◆ 朝永センター各部門との密接な連携のもとに 光・量子検出器を開発

ATLAS実験やALICE実験の検出器増強に用いるシリコン半導体検出器、COBAND実験用STJ、その他、朝永センターが推進する様々なプロジェクト用の検出器の開発研究を密接な連携のもとに推進します。

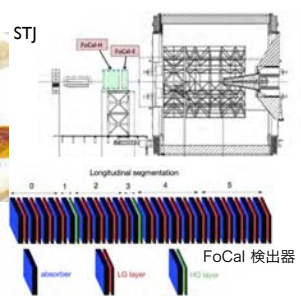


ピクセル検出器

ストリップセンサー

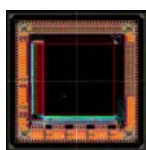


HL-LHC ATLAS

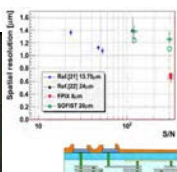


LHC ALICE

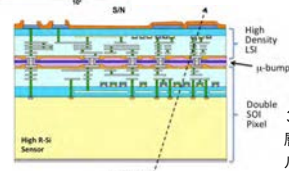
◆ TIA連携による先端検出器開発



VLSI 設計



世界最高位置分解能0.65mmを達成(2017)



SOI monolithic detector



放射線耐性試験

3D積層により機能を一層拡張し、ILC用ピクセルを設計

TIA(Tsukuba Innovation Arena)は筑波地区の5研究機関が連携して光量子センシングスクエアを形成し、新しい科学と産業の創成を目指します。

SOIは読み出し回路一体型の先端半導体検出器で、VLSIの設計・製作を通じ、さらに先端の μ バンプ技術を用いた3次元積層により、検出器の機能をさらに飛躍させます。

センシングスクエアにはSTJと大型構造イメージングプロジェクトも参画しています。



大学へのアクセス Access to University of Tsukuba

●電車 (JR常磐線)



●電車 (つくばエクスプレス)



●高速バス



●自動車

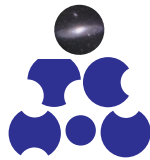


■JR常磐線：土浦駅、荒川沖駅または、ひたち野うしく駅で下車し、「筑波大学中央」行きのバスに乗り、約30~40分で「第一エリア前」または「第三エリア前」に到着します。

■TXつくばエクスプレス：つくば駅で下車し、「つくばセンター」から「筑波大学中央」行きのバスに乗り、約10分で「第一エリア前」または「第三エリア前」に到着します。「つくばセンター」からは、上記のほか以下のバスを利用することができます。「筑波大学循環右回りコース」で、「第一エリア前」または「第三エリア前」下車・「筑波大学循環左回りコース」で、「大学公園」下車

■高速バス：東京八重洲南口高速バスターミナル発の「筑波大学」行高速バスに乗り、「大学会館前」で下車、または「つくばセンター」行高速バスに乗り、つくばセンター（つくば駅）から関東鉄道バスを利用します。

■自動車：常磐自動車道「桜・土浦IC」で降り「東大通り」を北上すると、約15分で筑波大学中央入口に着きます。「つくば中央IC」からは約10分、「サイエンス大通り」を北上し、「平塚通り」を右折、「柴崎」の信号を左折すると約300mで筑波大学中央入口に着きます。



筑波大学

宇宙史研究センター

Tomonaga Center for the History of the Universe

筑波大学 数理物質系
宇宙史研究センター
〒305-3571
茨城県つくば市天王台1-1-1

<https://tchou.tomonaga.tsukuba.ac.jp>
phone: 029-853-3724, 6305(fax)
email: TCHoU@tchou.tomonaga.tsukuba.ac.jp